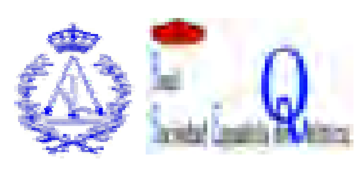
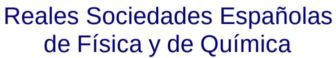
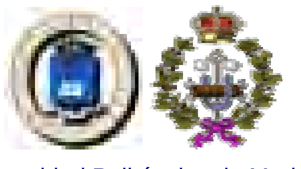










Universidad Politécnica de Madrid
E.T.S. de Ingenieros Industriales

# *Didáctica de la Física y la Química*
## *en los distintos niveles educativos*



*Editor:* Gabriel Pinto Cañón

Edita e imprime:
**Sección de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid.**

*Madrid, 2005.*

**I.S.B.N.: 84-7484-172-0**
**Depósito Legal: M-27228-2005**

Pedidos a:
Sección de Publicaciones de la E.T.S.
de Ingenieros Industriales
c/ José Gutiérrez Abascal, 2 – 28006 Madrid
E-mail: publicaciones@etsii.upm.es
Tf.: 91 336 30 68 – Fax: 91 336 30 69

Diseño portada: *A. Chávez y G. Pinto*

CONTENIDO

# INTRODUCCIÓN

Desde hace unos años, el sistema educativo en España está sometido a continuas y profundas transformaciones, en todos los niveles. Así, se promueve el proceso hacia un espacio europeo común de educación superior, se van extendiendo las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) como herramientas cotidianas de aprendizaje, se modifican las leyes que regulan los distintos ciclos de enseñanza, y aparecen periódicamente informes, a veces catastrofistas, en los medios de comunicación, por poner algunos ejemplos.

En un plano más específico, la enseñanza de la Física y de la Química se encuentra también inmersa en una continua encrucijada que atañe tanto a los contenidos como a las metodologías docentes en la E.S.O. (Educación Secundaria Obligatoria), Bachillerato y Universidad. A los aspectos educativos generales, hay que añadir consideraciones como relación entre ambas Ciencias, promoción de su conocimiento, elección de materias por los alumnos, capacidad de realización de prácticas de laboratorio, disminución de horas de clase en estas materias, coordinación entre el Bachillerato y los estudios universitarios, descenso de alumnos en Facultades de estas Ciencias, consideración de la Física y la Química como bases de nuevos campos científicos y técnicos emergentes, etc. Y todo este panorama, acompañado de la necesidad, anunciada en múltiples foros, de que España no pierda el tren de la investigación, la innovación y el desarrollo.

Además, la Física y la Química no sólo juegan un papel fundamental en el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología sino que también forman parte de la cultura de nuestra sociedad.

Con esta perspectiva, auspiciada por el Grupo de Didáctica e Historia de la Física de la Química de las Reales Sociedades Españolas de Física y de Química, en colaboración con la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, se organizó una Jornada monográfica sobre "*Didáctica de la Física y la Química en los distintos niveles educativos*". Su objeto principal fue compartir y discutir experiencias, metodologías y resultados alcanzados en distintos entornos para fomentar el papel de la Física y la Química en la educación y promover la cultura científica entre los ciudadanos.

La Jornada se celebró en la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, el 6 de Julio de 2005. En este libro se recogen los textos de los trabajos presentados en dicho evento, en forma de exposiciones orales, carteles y discusiones. Los textos han sido elaborados por 121 autores. En la Jornada participaron más de 220 profesores de veinte Universidades, algo más de cuarenta Centros de Educación Secundaria y otras Instituciones de casi toda la geografía española, con aportaciones puntuales de docentes de otros países.

La Jornada se inscribe, además, en el contexto del Año Mundial de la Física, declarado así por la UNESCO, a iniciativa de la *International Union of Pure and Applied Physics* (IUPAP). En este sentido, el año 2005 conmemora el centenario del llamado "*Annus Mirabilis*" en el que Albert Einstein publicó tres importantes

artículos cuyas ideas se convirtieron en base e influencia de la Física moderna. Esta iniciativa internacional ofrece la oportunidad de celebrar tanto estas ideas como la influencia de la Física en nuestra vida diaria.

El Comité de Honor de la Jornada estuvo constituido por:

- Excmo. Sr. D. Javier Uceda Antolín, *Rector Magnífico de la Universidad Politécnica de Madrid.*
- Ilmo. Sr. D. Carlos Vera Álvarez, *Director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid.*
- Ilmo. Sr. D. Antonio Moreno González, *Director del Instituto de Formación del Profesorado del Ministerio de Educación y Ciencia*.
- Ilma. Sra. Dª. Rosa María González Tirados, *Directora del Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad Politécnica de Madrid.*
- Ilma. Sra. Dª. Otilia Mó Romero, *Presidenta de la Sección de Madrid de la Real Sociedad Española de Química.*
- Ilmo. Sr. D. José Losada del Barrio, *Director del Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Madrid.*
- Ilmo. Sr. D. José Luis Ocaña Moreno, *Director del Departamento de Física Aplicada a la Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica de Madrid.*
- Ilmo. Sr. D. Paul Kelter, *Presidente del International Center for First-Year Undergraduate Chemistry Education (I.C.U.C.).*

Para difundir el evento en un entorno lo más amplio posible, se constituyó un Comité Científico y Organizador integrado por docentes de áreas variadas de la Física y la Química, de diversos niveles educativos y de múltiples Centros. Dicho Comité estuvo formado por los profesores:

- Gabriel Pinto Cañón (Presidente), *Universidad Politécnica de Madrid.*
- Miguel Cabrerizo Vilches, *Universidad de Granada*.
- Julio Casado Linarejos, *Universidad de Salamanca.*
- Ana Carmen Cuñat Romero, *Universidad de Valencia*.
- Pilar Escudero González, *RR. SS. EE. de Física y de Química*.
- Manuela Martín Sánchez, *Universidad Complutense de Madrid.*
- María Teresa Martín Sánchez, *I.E.S. Fernando de Rojas de Salamanca.*
- Raimundo Pascual González, *I.E.S. Herrera Oria de Madrid*.
- Mª. del Tura Puigvert Masó, *Associació de Professors de Física i Química de Catalunya.*
- Pascual Román Polo, *Universidad del País Vasco.*
- Juan José Vaquero López, *Universidad de Alcalá.*

Además de a las RR. SS. EE. de Física y de Química, a través de su Grupo de Didáctica e Historia, y a la E.T.S. de Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, entidades organizadoras del evento, es de justicia el agradecimiento a otras organizaciones e instituciones que colaboraron de diversa manera en la celebración de la Jornada, como son:

• Instituto Superior de Formación del Profesorado del Ministerio de Educación y Ciencia.

• Universidad Politécnica de Madrid.

• Sección de Madrid de la Real Sociedad Española de Química.

• Federación Empresarial de la Industria Química Española.

• Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad Politécnica de Madrid.

• Sección de Madrid de la Real Sociedad Española de Química.

• International Center for First-Year Undergraduate Chemistry Education.

Cabe destacar también la ayuda prestada por los profesores que constituyeron el Comité Local, integrado por: Carmen Matías Arranz (coordinadora), Ascensión Fernández López, Berta Gámez Mejías, Linarejos Gámez Mejías, Mª. José Molina Rubio, Isabel Paz Antolín y Ángel Ponce Garres. De forma especial se agradece la labor desarrollada, como Secretaria de la Jornada, por Dª. Purificación Herranz Escolano.

Este texto y la Jornada ya citada, forman parte de una acción global sobre *"Enseñanza-aprendizaje de la Química y la Física y vida cotidiana"* que incluye también la edición y mantenimiento de páginas en Internet sobre el tema, en la dirección: http://quim.iqi.etsii.upm.es/vidacotidiana/Inicio.htm. En esta dirección, por ejemplo, se recoge este texto (con ilustraciones en color) para facilitar su divulgación. Uno de los objetivos de esta acción es promover la colaboración entre docentes de diversos niveles educativos, desarrollando herramientas para ayudarles en la tarea de formación, al objeto de que las nuevas generaciones aprecien cómo la Física y la Química ayudan a la mejora de las condiciones de vida.

Julio de 2005


ꟸ Pilar Escudero González, *Presidenta del Grupo de Didáctica e Historia de las RR. SS. EE. de Física y de Química*.
ꟸ Carlos Vera Álvarez, *Director de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid.*
ꟸ Gabriel Pinto Cañón, *Presidente de la Jornada*.

# Parte I

# Didáctica de la Física y la Química en Educación Secundaria y Bachillerato

# ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y LA QUÍMICA EN EUROPA: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS EDUCATIVOS.

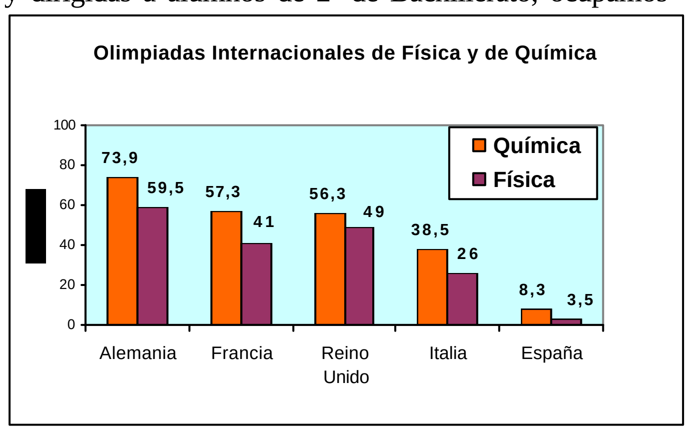
***Mario F. Redondo Ciércoles***
IES Arquitecto Peridis. Av. Alemania, 8 28916-Leganés. mario.redondo@madrid.org

*Se realiza un análisis de los sistemas educativos no universitarios de algunos países de la Unión Europea para compararlos con el sistema español y así explicar los malos resultados que tienen nuestros estudiantes en las pruebas internacionales, Olimpiadas de Física y Química e Informes PISA. La dedicación, la carga lectiva y el apoyo que los países europeos dan a la enseñanza de las Ciencias en Educación Secundaria es muy superior al que existe en España.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las Ciencias en España, y de la Física y la Química en particular, ha sido poco valorada en las últimas reformas educativas (1) de la LOGSE ni de la LOCE, y tampoco lo será en la nueva LOE (2). Las Ciencias no se consideran importantes en la educación española (3), y su peso específico ha ido disminuyendo progresivamente (4). La razón puede ser que el aprendizaje de estas materias requiere un esfuerzo por parte de los alumnos que las estudian y es causa del fracaso escolar. Por ello, los legisladores deberían mejorarla para que dejase de ser la Cenicienta de la Educación (5). Para ello, los profesores han realizado propuestas (6) como: Una carga lectiva suficiente para impartirla con dignidad, potenciar el desarrollo de las prácticas de laboratorio, y un currículo más actualizado (7).

Las consecuencias de esta deficiente formación científica se observa en las pruebas internacionales cuyos resultados deben hacer reflexionar (8) a toda la comunidad educativa. En las pruebas de las Olimpiadas Internacionales, tanto de Física como de Química (9) y dirigidas a alumnos de 2º de Bachillerato, ocupamos posiciones muy por debajo de lo que España representa, e incluso son peores los resultados de las pruebas experimentales. También en la Olimpiada Científica de la EUSO, que valora la experimentación de equipos de alumnos de 1º de Bachillerato en Física, Química y Biología, obtenemos resultados muy pobres. A ello hay que añadir los pésimos informes PISA, tanto del año 2000 como del 2003 (10), que miden la capacidad de resolver problemas de tipo científico en alumnos de 15 años.



Esta desventaja que España tiene con respecto a otros países, sobre todo de nuestro entorno europeo, es la razón por la que realice un análisis comparativo con otros países.

**2. ITALIA**

La ley de educación se ha reformado en el año 2003 y la enseñanza secundaria, que se rige por una norma estatal, comenzará a impartirse en el curso 2005/2006. La enseñanza obligatoria abarca desde los 8 años hasta los 14. La Educación Secundaria está dividida en dos niveles (11):

- Educación Secundaria de 1º grado, *scuola media*, que va desde los 11 hasta los 14 años y dura 3 cursos impartidos en un solo ciclo.
- Educación Secundaria de 2º grado, *liceos*, es postobligatoria, y va desde los 14 hasta los 19 años, impartiéndose en 5 cursos.

Esta última enseñanza se divide en varias modalidades u órdenes que se imparten en distintos liceos, entre los que destacan: clásico, científico, lingüístico, ciencias sociales, tecnológico, etc., parecidos a nuestros institutos.

La Educación Secundaria de 1º grado corresponde casi al Primer Ciclo de la ESO; en ella se imparten 8 materias, siendo una de ellas una combinación de Matemáticas, Física, Química y Biología, con una carga lectiva de 6 horas semanales. Una de las dificultades está en la especialización del profesorado, puesto que puede dar dichas materias tanto un biólogo como un matemático.

La Educación Secundaria de 2º grado corresponde al Segundo Ciclo de la ESO y Bachillerato, pero en Italia dan un año más y los estudiantes acaban la Secundaria con 19 años. Hay que destacar que a pesar de estar diferenciada en los distintos liceos, en todos ellos se imparte tanto Física como Química, y siempre de forma separada, aunque se den pocas horas en cada curso.

| **Liceo** | **Física** | **Química** |
|---|---|---|
| Clásico | 6 horas/semanales, en 3 cursos | 9 horas/semanales, en 4 cursos |
| Científico | 13 horas/semanales, en 5 cursos | 13 horas/semanales, en 5 cursos |
| Lingüístico | 4 horas/semanales, en 2 cursos | 8 horas/semanales, en 4 cursos |
| CC. Sociales | 6 horas/semanales, en 3 cursos | 9 horas/semanales, en 4 cursos |

En el Liceo Científico se imparte en 1º y 2º cursos 2 horas semanales, tanto de Física como de Química, y 3 horas en 3º, 4º y 5º. La estructura de todos los liceos es muy similar y las materias comunes son semejantes, de tal forma que se puede cambiar de uno a otro sin dificultad. Sólo en los últimos cursos hay algunas diferencias. Es importante destacar que los estudiantes italianos no padecen el galimatías español de las optativas, ya que sólo tienen una optativa que puede ser de profundización en materias de ciencias o de letras. En Italia tiene mucho peso la Cultura Clásica, y se echa en falta más horas de Matemáticas y algunas más dedicadas a Biología.

## 3. ALEMANIA

En Alemania la educación (12) depende de los estados federados, *Lander*, aunque hay un convenio de homogeneización del sistema de enseñanza para unificar criterios y que está regido por la Reunión Permanente de Ministros de Educación. La enseñanza es obligatoria desde los 6 hasta los 18 años.

Los niveles de enseñanza alemanes son los siguientes:

| **Nivel** | **Edad** | **Cursos** |
|---|---|---|
| *Grundschule* (Ed. Primaria) | 6 a 10 | 1º a 4º |
| *Orientierungsstufe* (Ciclo de Orientación) | 11 a 12 | 5º y 6º |
| *Sekundarstufe I* (Ed. Secundaria I) | 12 a 16 | 7º a 10º |
| *Sekundarstufe II* (Ed. Secundaria II) | 16 a 19 | 11º a 13º |

En algunos *Lander* el ciclo de orientación está incluido en la Educación Secundaria y en otros en la Primaria. La función de dicho Ciclo de Orientación es derivar a los alumnos a las distintas escuelas de Secundaria que existen en Alemania: *Haupschule*, *Realschule*, *Gesamtschule* (escuelas comprensivas) y los *Gymnasium*. Son estos últimos los que más se parecen a nuestros institutos, siendo el resto de escuelas de tipo profesional o básico. En los *Gymnaisum* es donde se ofrece una enseñanza secundaria más profunda e intensificada que permite a los estudiantes el acceso a la Universidad después de haber superado el *Abitur*, que es una prueba de madurez semejante a nuestra Selectividad.

El Ciclo de Educación Secundaria II está dividido en 3 áreas o modalidades:

- Lengua, Literatura y Arte.
- Ciencias Sociales
- Ciencias Naturales y Tecnología.

Los alumnos cursan muchas materias. La Física se imparte siempre de forma separada de la Química en toda la Educación Secundaria. La Física se da desde el 7º curso, o sea desde los 12 años, y la Química se da desde el 9º curso (3º ESO). En general, las horas dedicadas a estas materias es la siguiente: en el Ciclo de Orientación, 5º y 6º, se imparte como Ciencias de la Naturaleza con dos horas semanales. En Educación Secundaria I, tanto en Física como en Química se dedican entre 1 y 2 horas en 7º curso (1º ESO); 2 horas en 8º (2º ESO) y 3 horas semanales en 9º y 10º (3º y 4º ESO), siempre separadas. En Educación Secundaria II, que corresponde al Bachillerato español pero con un año más, en las áreas no científicas se imparten 2 horas de Física y 2 horas de Química en el 11º curso, y 2 horas de Química y 3 horas de Física en el área de Ciencias. En los cursos 12º y 13º depende de los *Lander*, pero puede llegar hasta 6 horas semanales. Se da mucha importancia a los laboratorios, que tienen buenas dotaciones. Se imparten pocas horas en cada curso, pero se dan desde niveles muy tempranos. A pesar de las condiciones tan favorables, los estudiantes alemanes no eligen mayoritariamente en la Universidad la carrera de Química ni la de Física.

## 4. FRANCIA

La enseñanza en Francia (12) está regulada por el Estado a nivel nacional. En estos momentos es objeto de una reforma. La Educación Secundaria está dividida en dos etapas: Educación Secundaria propiamente dicha que abarca 4 cursos y va desde los 12 hasta los 16 años, igual que en España, y el Bachillerato (*Baccalauréat*) que consta de tres cursos y va desde los 16 hasta los 19 años.

La Educación Secundaria se estudia en los Colegios, *Collèges*, y los cuatro cursos se organizan en tres ciclos:

- Curso 6º (1º ESO, 12 años): Ciclo de Transición, preparatorio para los estudios de Secundaria.
- Curso 5º y 4º (2º y 3º ESO): Ciclo de Consolidación de los conocimientos y capacitaciones de la etapa.
- Curso 3º (4º ESO): Ciclo de Orientación, para que los estudiantes elijan el tipo de Bachillerato que quieren hacer.

En el 6º curso no hay optativas y las Ciencias se estudian de forma integrada con 1,5 horas a la semana. En los cursos 5º, 4º y 3º sólo hay una optativa y la Física y Química aparecen juntas como materia común a todos los alumnos, con 2 horas a la semana. El Bachillerato se imparte en los liceos y se organizan en tres modalidades: General, Tecnológico y Vocacional. Este último consta de cuatro cursos y corresponde a los ciclos formativos españoles. Los otros dos son parecidos al Bachillerato español. Los 3 cursos son los siguientes:

- Curso 2º (1º Bachillerato): Ciclo de Determinación, que permite a los alumnos elegir posteriormente el itinerario más adecuado a su perfil. Las materias comunes son nueve, entre las que se encuentran la Física y la Química, ya separadas y con un tiempo de dedicación de 3,5 horas a la semana más una hora de laboratorio, y dos materias optativas que figuren en el itinerario a seguir. Entre dichas optativas figura la Física y Química de Laboratorio, de 3 horas semanales.

- Curso 1º y Terminal (2º Bachillerato y preparatorio para la Universidad) vienen marcados por los posibles itinerarios. En el Bachillerato General, que es el más común, tiene tres vías posibles: Científico (S), Económico y Social (ES) y Literario (L).

Hay 9 materias obligatorias entre las que están Física y Química. Tienen una materia de especialidad obligatoria de Ciencias y dos materias optativas del ámbito de las humanidades. Es destacable que el número de materias optativas es reducido y no representa más del 10% y son de 3 horas solamente. En el curso Terminal aparece una materia de especialidad que sirve para profundizar en las materias comunes y entre las cuáles aparece TPE (*Travaux Personnels Encadrés*) cuya idea es que los alumnos formando grupos realicen un pequeño trabajo de investigación o proyecto. En este curso los itinerarios se desdoblan en cinco o seis vías. En las vías no científicas, existe una materia común de "Enseñanza Científica" con 1,5 horas a la semana, semejante a la que el MEC quiere implantar en España. En el 1º curso, tanto la Física como la Química aparecen con 4 horas a la semana, repartidos en dos horas teóricas y dos prácticas, y en el curso Terminal, tienen 5 horas a la semana, divididas en 3 horas

teóricas y 2 prácticas. Con esa dedicación es fácil suponer una buena preparación para estudios superiores, si contamos que pueden elegir como optativas una profundización de algunas de las materias elegidas, como por ejemplo de Física o Química. Además tienen diseñados las prácticas de laboratorio de forma obligatoria en el currículo y se evalúa separadamente, contando para la nota final, tanto en Física como en Química. Una de las desventajas es que se cursan demasiadas materias.

**5. REINO UNIDO**

La Educación Secundaria Obligatoria (12) está dividida en dos niveles: *Key stage* 3, que va desde los 11 a los 14 años, tres cursos, parecido a nuestro primer ciclo pero con un año más, y *Key stage 4*, que va desde los 14 a los 16 años, dos cursos igual que el 2º Ciclo de la ESO español. Posteriormente está la Educación Secundaria postobligatoria que consta de dos cursos, y va desde los 16 a los 18 años, y corresponde nuestro Bachillerato. El Reino Unido es, junto con España, el único país donde el Bachillerato se estudia en dos años, con la salvedad que en el Reino Unido tienen un año más de Educación Secundaria (en total 7 cursos). La reforma del año 2000 ha afectado a los cursos superiores sobretodo.

Muchas de las escuelas de Secundaria inglesas son del tipo Comprensivo, *Comprehensive Schools*, y por tanto no son selectivas, otras sí que realizan una selección de sus alumnos por sus capacidades, y son las llamadas *Grammar Schools*. Desde 1994 se está desarrollando el programa de Escuelas de Secundaria Especialistas, cuyo currículo se hace a nivel Nacional. Hay bastantes escuelas entre las que destacamos: Colegios Tecnológicos, Ingeniería y Ciencias (que se inició en el curso 2002/2003). En la reforma actual, desarrollada a partir del curso 2002/2003, una de las estrategias marcadas ha sido la ampliación del currículo y de la carga lectiva de las Ciencias, junto con otras materias como las Nuevas Tecnologías.

Tanto en el *Key Stage 3* como en el 4, se incluyen como materia obligatoria las Ciencias, donde la Física y Química se estudia junto con la Biología, siguiendo un modelo de Ciencia Integrada. El último curso se ha flexibilizado desde 2004, pero mantiene como obligatoria las Ciencias. En la educación postobligatoria la Física se separa de la Química, y los itinerarios son más racionales que los españoles. Además se imparten en mayor profundidad, llegando a dar 6 horas semanales, incluyendo 1,5 horas de laboratorio.

**6. SUECIA**

Es el Estado (13), a través de la Dirección Nacional de Educación Escolar quien establece los programas de enseñanza. Corresponde a los municipios y diputaciones el desarrollo de la educación, es un modelo parecido al español. La enseñanza obligatoria va desde los 7 a los 16 años y la Ley General de Educación Escolar data de 1995. Tiene dos etapas básicas: Educación General Básica (EGB) y la Educación Secundaria. La Educación General Básica abarca la enseñanza obligatoria, desde los 7 a los 16 años, es muy amplia e incluye la ESO. Realizan un examen al finalizar la etapa en el 9º curso. En los tres últimos cursos los profesores son especialistas en las

materias que imparten, las materias se dividen en seis sectores en el que hay Ciencias Naturales, incluyendo la Física, Química, Biología y Tecnología, y representa el 12 %.

La Educación Secundaria dura tres cursos, y va desde los 16 hasta los 19 años, uno más que en España. En esta etapa existen 17 programas de enseñanza distintos para que los alumnos elijan; 14 de ellos son de tipo Profesional y los tres restantes corresponden a programas para el acceso a la Universidad, que son: Ciencias Naturales, Ciencias Sociales y Tecnología. En ellos hay materias comunes y específicas del programa. Al final de la etapa se realiza una Prueba Nacional. Si se requiere para el acceso a algunas Universidades se puede hacer una Prueba de Acceso a la Universidad.

Hay una tendencia a que la enseñanza obligatoria se imparta en un mismo Centro y bajo una misma etapa.

**7. FINLANDIA**

La enseñanza obligatoria (12) va desde los 7 hasta los 16 años y se imparte en escuelas de Primaria. El Bachillerato finlandés tiene tres cursos y va desde los 16 hasta los 19 años y se divide en dos clases: General y Vocacional. El primero tiene un carácter genérico y sirve como preparatorio para la Universidad o estudios politécnicos, y el segundo es equivalente a nuestros ciclos formativos.

En la Educación Básica, en la que se suma la Educación Primaria y la Secundaria, se imparte en 9 cursos que se dividen en tres ciclos de dos cursos. La Física y Química se imparte como Ciencia integrada en los cursos que corresponden a 2º y 3º de Primaria, pero a partir de 4º se imparte Física y Química con 2 horas semanales, y son 7 horas semanales entre los 3 cursos en el último ciclo (2º a 4º ESO). La diferencia es abismal respecto a España; allí son todas obligatorias y la optatividad queda reducida a una materia solamente. La enseñanza en Ciencias comienza a edad muy temprana permitiendo a los alumnos tener un conocimiento más profundo. Por ello es el número uno en el Informe PISA. En el Bachillerato existen materias comunes y de especialización, dedicándole especial atención a las Ciencias del Medio Ambiente.

En Bachillerato el sistema es diferente, puesto que los alumnos deben cumplir un número mínimo créditos. Las materias tienen un mínimo obligatorio que deben elegir todos los alumnos. Para Física y Química son de 38 horas en un curso cada una, puesto que están separadas. Esto significa que todos los estudiantes de Bachillerato, tanto de Letras como de Ciencias las estudian y además pueden ampliar; así en Física cursan como mínimo 304 horas, y en Química 152 horas para especializarse en Ciencias en Bachillerato, mientras que en España sólo se estudian 140 obligatorias entre Física y Química. Tienen previsto en la reforma que aplicarán en el verano 2005, ampliar los cursos de Química entre otras materias.

**8. DINAMARCA**

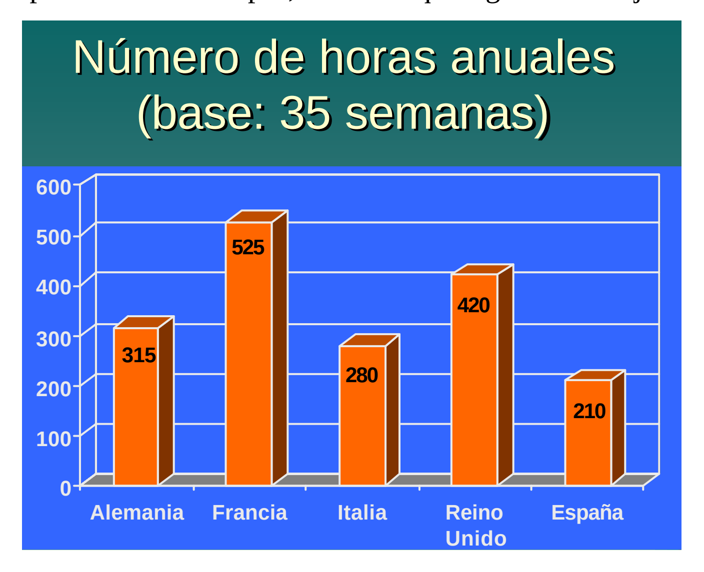
Tiene 9 años de enseñanza obligatoria (14), siendo el Ministerio quien fija los planes de estudio. La Enseñanza Primaria abarca 10 cursos, desde los 6 hasta los 16 años, y la Educación Secundaria tiene tres cursos, va desde los 16 hasta los 19 años y

no es obligatoria. Al final se realiza un examen reválida (STX) en tres niveles diferentes. En la Educación Secundaria existen dos líneas: Lengua y Matemáticas. En la línea de Matemáticas se estudia Física y Química separadas. Además éstas y otras materias se pueden impartir en distintos niveles, como los dobles currículos de Matemáticas. En la línea de "Letras" se imparte una materia de Ciencias con 79 horas al año el 1º curso y 108 horas en el 2º curso, y en la línea de "Ciencias" imparten entre 1º y 2º cursos 5 horas semanales tanto de Física como de Química, que se dan por separado, y en el 3º curso se imparten aproximadamente 3,5 horas semanales de cada una de ellas.

## 9. CONCLUSIONES

Del análisis anterior se deduce la gran diferencia que el tratamiento de la Física y la Química tienen en los países europeos con respecto a España, y es fácil comprender que los resultados de nuestros estudiantes en las pruebas europeas sean tan poco favorables, debido a la poca consideración mostrada en España por la enseñanza de las Ciencias (15).

El anteproyecto de la LOE señala como compromiso la convergencia con los objetivos educativos definidos por la Unión Europea, entre los que figura una mejora en la calidad de la enseñanza y potenciar el área de las Ciencias. Es paradójico observar cómo la LOE pretende conseguir dicho objetivo sin mencionar ni desarrollar absolutamente nada en todo el texto, y las pocas referencias que se hacen a las Ciencias es para arrinconarlas en la optatividad. Las reformas emprendidas por algunos países europeos ya incluyen modelos para mejorar estas enseñanzas.




En todos los países europeos (16) la Física y Química, dentro del tramo de 12 a 14 años, es una materia común, dentro del área de Ciencias o bien independiente, y el número de optativas están reducidas al mínimo. Sin embargo en España esta circunstancia no se cumple en 4º ESO, donde la Física y Química deja de ser obligatoria y además existe una excesiva optatividad.

En el Bachillerato, la unanimidad es completa: todos los países imparten de forma independiente y separada la Física de la Química; además cursan un año más, permitiendo una mejor preparación para los estudios superiores. Destacan la

importancia de la Física y de la Química como materias fundamentales para las distintas vías, cursándolas obligatoriamente. Los tres años de Bachillerato permiten tener un primer curso más general y dos cursos en los que un alumno se puede especializar. En España es imposible que en dos años un alumno tenga una mínima preparación. Además, el equilibrio entre las materias comunes y de modalidad es mayor que en España.

El modelo ideal, que se acerca más a la convergencia europea, tiene que transcurrir por impartirse la Física y la Química en los cuatro cursos de ESO de forma independiente del área de las Ciencias y ser materia común en al menos tres cursos,. Para ello, el 4º curso debería reducir su optatividad. Respecto al Bachillerato, además de separar las dos materias y definir unas vías científicas que mantengan como obligatorias la Física y la Química, es necesario llegar a los tres años, siendo la mejor manera de poder repartir las materias para que los estudiantes obtengan unos conocimientos generales y, a su vez, les permitan orientarse y especializarse en sus futuros estudios.

**BIBLIOGRAFÍA**

1. BOCG. Senado. Serie 1: Boletín General, *Informe sobre la enseñanzas científicas en la educación secundaria*", nº 660, 22 mayo **2003**, pp 1-95.
2. Anteproyecto de *ley orgánica de educación*. MEC, 30 marzo **2005**.
3. M.C. Ramírez, M. Redondo, J.A. Morales, E. Gómez, **2003**, Vol. 7, 14.
4. J.J. Suárez, *Al-Químicos*, noviembre **2002,** 15-19.
5. M. Redondo, *An. Química*. **2003**, Vol. (3), 51-54.
6. J. Hernández, J.J. Suárez, M. Redondo, "Ponencia sobre la enseñanza de la Química en Secundaria", presentada en Asturias, *Química e Industria*, noviembre **2004,** nº 557, 29-44.
7. M.J. Iglesia, M.C. Ramírez, M. Redondo, M.P. Villacampa, E. Gómez, , *Vivir Educando*, **2003**, Vol. 7, 15-18.
8. M.A. Crespo, M. Gutierrez y M.J. Martín-Díaz. "La Química en la ESO", *Alambique* **2002**, nº 33 69-78. "La Química en el Bachillerato". *Alambique* **2003**, nº 36, 48-54. Jornadas sobre Ciencias Experimentales, "*Mesa redonda sobre el futuro de la enseñanza de las Ciencias*", Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, junio **2003**.
9. N. Iza, J. Pomés y J.A.R. Renuncio, *An. Química*. **2002**, Vol. 98 (3), 57-58.
10. Informe PISA, "Knowledge and skills form life. Results from PISA 2000 y 2003, OCDE, **2001** y **2003**.
11. A. Borsese, *An. Química*, **2004**, Vol (1), 35-41.
12. Base de Datos sobre la Educación de la Red "*Euridyce*" de la Unión Europea. Actualizados en **2005. www.eurydice.org.** Documentos remitidos por la Embajada del Reino Unido.
13. Documentos remitidos por la Embajada de Suecia.
14. Documentos remitidos por la Embajada de Dinamarca.

15. M. Redondo, "Solución europea en Física y Química", *La Vanguardia*, 31 de marzo **2005**.
16. A. Caamaño y otros. Monografía: La Enseñanza de la Ciencias en Europa, *Alambique*, enero **2002,** nº 31.

# ESTRATEGIAS PARA LA MEJORA EN LA CALIDAD DE ENSEÑANZA EN FÍSICA Y QUÍMICA EN LA E.S.O.

***Rafael Gómez Fernández*** [1]***, Andrés García Ruiz*** [2]***, Mª Dolores Castro Guío*** [3]

[1] Departamento de Física y Química. IES El Olivo. Felipe II, 11.
28980-Parla, Madrid. ies.elolivo.parla@educa.madrid.org

[2] Departamento de Didácticas Específicas. Universidad Autónoma de Madrid,
28049-Madrid. andres.garcia.ruiz@uam.es

[3] Departamento de Física y Química. IES Atenea. Colombia s/n.
28945-Fuenlabrada, Madrid. mdcastroguio@hotmail.com

*Planteamos una metodología para la enseñanza de la Física y Química en la educación secundaria obligatoria (E.S.O.) basada en una serie de estrategias complementarias. Se propone una secuenciación de actividades desde el inicio del tema, hasta la evaluación, alternando las actividades de enseñanza-aprendizaje.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Es importante resaltar el carácter experimental de la Física y Química y éste es un punto de partida importante para empezar a estimular al alumnado, invitándole a que utilice y desarrolle algunas de sus capacidades, como son las de indagación e investigación, entre otras.

Creemos que debemos superar el método tradicional de enseñanza de las Ciencias, adaptando una visión constructivista del aprendizaje, como se han planteado en numerosos trabajos sobre el tema (1).

Desde hace bastante tiempo surgieron propuestas metodológicas en torno a la escuela nueva y activa (2), basadas en la utilización de estrategias que comportaban la realización de actividades centradas en los alumnos. Consideramos que es importante seguir en esta línea, para favorecer los procesos de enseñanza-aprendizaje.

## 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La estrategia para la enseñanza-aprendizaje se realizará utilizando una metodología activa, apoyada en las exposiciones y explicaciones del profesor, pero respetando siempre las posibilidades creadoras del alumnado y, además, siendo imprescindible ser completada con estrategias de indagación por parte de los alumnos.

Con esto, se intentará que el alumnado desarrolle una forma de trabajo clara y dirigida, que le servirá para afrontar la realidad cambiante del mundo que le rodea, y esto se puede conseguir cuando se presenta la Ciencia como un proceso y no como un producto.

Como método de trabajo se utilizará la investigación, dirigida a la adquisición de actitudes abiertas y críticas, de tal forma que el alumnado pueda enfrentarse con la autonomía suficiente a los estímulos, datos, etc., suministrados por el medio.

Además del método científico, y como parte del mismo, aplicaremos métodos inductivos-deductivos, a través de los cuales los propios alumnos serán los protagonistas del aprendizaje, de manera que, partiendo de la observación, el análisis y la abstracción, lleguen a la generalización (inducción) y puedan fijar y aplicar lo generalizado (deducción)

**3. DESARROLLO METODOLÓGICO**

Para poder desarrollar esta metodología es preciso utilizar, como ambiente, el laboratorio considerado como aula-laboratorio, pues no debemos olvidar que se considera como punto de partida el carácter experimental de la Física y Química, lo que nos servirá para estimular a nuestros alumnos.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto, las pautas a seguir serían las expuestas en los siguientes epígrafes.

**3.1. Metodología Específica**

1.- Comenzaremos el tratamiento de cada tema, con la realización de una prueba inicial (un pretest), que puede ser:

- Prueba escrita
- A través de un breve cuestionario oral propuesto por el profesor.

Los objetivos de esta prueba inicial serán establecer las ideas previas, preconcepciones, ideas intuitivas y errores conceptuales. De esta forma podemos conocer las ideas erróneas y evitar que se formen bloqueos en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En este punto se pueden debatir, sin entrar en profundidades, las ideas erróneas para que, de esta forma, el alumno empiece a tomar conciencia de su error.

Siempre es importante que las explicaciones del profesorado se vayan relacionando con situaciones de la vida cotidiana y reales. Es una forma de comenzar a presentar la Ciencia al alumnado como un proceso y no como un producto.

2.- La realización de una práctica de laboratorio inicial sencilla, por parte del profesor, donde el alumno tendrá que aplicar el método científico como herramienta de su aprendizaje.

En este punto el alumno desarrollará las capacidades de:

- Observación
- Formular hipótesis
- Relacionar situaciones
- Obtención de conclusiones.

Aquí es importante aplicar una dinámica activa alumnado-profesor, donde a partir de la observación individual de cada alumno, se puede llegar a obtener conclusiones diferentes.

Para empezar, el alumnado realizará una lluvia de ideas de sus conclusiones, que pueden escribirse en la pizarra y, después, siguiendo las explicaciones y pautas que el

profesor marque, serán debatidas por el alumnado, siendo los propios alumnos los que lleguen a las conclusiones correctas.

Este punto es muy importante, pues sirve de estímulo y enganche al alumnado para el posterior seguimiento y desarrollo del tema.

3.- Una vez realizadas las pruebas iniciales, al profesor le sirve para determinar los esquemas de conocimiento previo y actuar en consecuencia.

En este punto es donde el profesor empieza a establecer los objetivos propuestos para cada tema, pero explicando los conceptos a través de prácticas sencillas en el aula-laboratorio. Con ello, conseguimos que el interés del alumnado no decaiga.

Aquí, el alumnado, además de la capacidad de observación, tiene que desarrollar las de análisis, síntesis y abstracción.

En este apartado, además, estamos intentando que el alumnado consiga la capacidad de aprender (a través del método inductivo-deductivo)

4.- Los alumnos realizarán diseños experimentales (prácticas sencillas) que explicarán a sus compañeros y serán dirigidas y guiadas por el profesor. De esta forma potenciamos, además de las capacidades adquiridas por el alumnado hasta este punto, la de transferencia de los aprendizajes.

Para la elaboración de estas prácticas de laboratorio, el alumnado tendrá que utilizar la investigación como método de trabajo, manejando diferentes fuentes de consulta, lo que les permite obtener gran cantidad de ideas y datos que les sirvan de contraste y les abran nuevas perspectivas, familiarizándose con las distintas fuentes de información y su uso.

La realización de problemas es fundamental y hay que trabajarlos desde un punto de vista comprensivo y no como aplicación mecánica de una fórmula a una situación determinada.

5.- Es importante que el alumno participe en la elaboración de problemas (diseñando distintas situaciones) y en la búsqueda de estrategias para su resolución. De esta forma, al alumnado se le involucrará en los problemas, desarrollando la capacidad de aprender.

6.- El alumnado recogerá todo lo expuesto en un cuaderno, de manera que cada concepto quede reflejado como un informe científico, con presentación ordenada del proceso de trabajo, estructurado, acompañado de esquemas y dibujos que lo hagan más comprensible, quedando reflejado claramente el problema estudiado, los diseños, fundamento, conclusiones y las aplicaciones prácticas que se derivan, así como, si procede, indicando las fuentes de información consultadas.

### 3.2. La Evaluación

La evaluación se tiene que considerar como un proceso continuo, sistemático, flexible y formativo, en el que se pueden utilizar diversas técnicas, debiendo ser aplicado a todo el personal implicado (alumnado y profesorado).

Para que la evaluación sea formativa tendremos que valorar la heteroevaluación y la autoevaluación.

### 3.3. Heteroevaluación

Los parámetros que tenemos que tener en cuenta son:

- La evaluación debe ser realizada a lo largo de todo el proceso de aprendizaje, es decir, continua. Cuanta más información tengamos del alumnado mejor podremos evaluarles.
- Es importante evaluar el mayor número de aspectos que puede presentar el alumnado, como:

- La capacidad de soltura oral que presenta (se puede valorar mediante la prueba inicial).
- El razonamiento lógico a sus respuestas cuando es preguntado.
- El grado de observación (se puede medir mediante las prácticas realizadas en el aula-laboratorio).
- La capacidad de análisis ante distintas situaciones.
- Saber sintetizar.
- El camino utilizado para la investigación.
- Destreza con el material de laboratorio.
- Cómo se desenvuelve ante la realización de las prácticas.
- La capacidad de transmitir lo aprendido.
- La participación.
- El trabajo en grupo.
- El cuaderno.
- Exámenes.
- Etc.

En definitiva, se debe tener claro lo que queremos evaluar, es decir, debe ser una evaluación sistemática. Es importante llevar un registro puntual de todos estos aspectos evaluados por cada alumno.

- Al desarrollar los temas mediante estas estrategias, tenemos diversidad de instrumentos que nos permiten evaluar gran variedad de aspectos. Esto hace que la evaluación sea flexible.
- Es importante realizar pruebas objetivas con preguntas de discriminación entre verdadero o falso, de preguntas cortas, de asociación, de preguntas más amplias en las que tengan que elaborar más información y la realización de problemas.
- No debemos olvidar que la recuperación, para aquellos alumnos que no han alcanzado los objetivos, forma parte del proceso del enseñanza-aprendizaje y sirve de estímulo para ellos.

Las tareas propuestas serán siempre semejantes y nunca tendrán mayor dificultad que las propuestas y desarrolladas con anterioridad.

### 3.4. Autoevaluación

Supone una gran fuente de información respecto a la valoración que es capaz de hacer de sí mismo y de las tareas que realiza el alumno.

El contrastar las opiniones del profesor con las del propio alumno viene muy bien, pues nos permite evaluarnos a nosotros mismos y nos permite modificar

preconcepciones del propio profesor, además de ver el grado de evaluación que se hace de sí mismo el alumno.

**3.5. Recursos**

Para estas estrategias los recursos son:

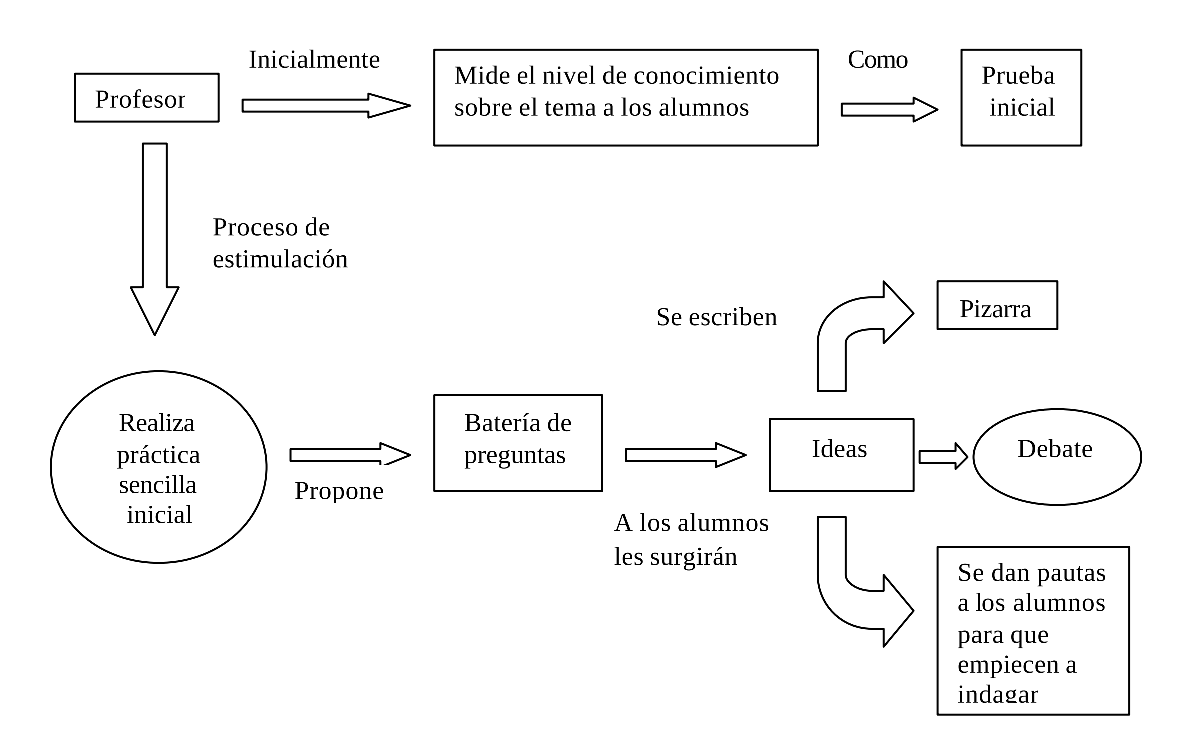
- De tipo personal: profesor y alumnos.
- Ambiental: aula-laboratorio, entorno y biblioteca.
- Material: de laboratorio, bibliográfico, encerado y cuaderno.

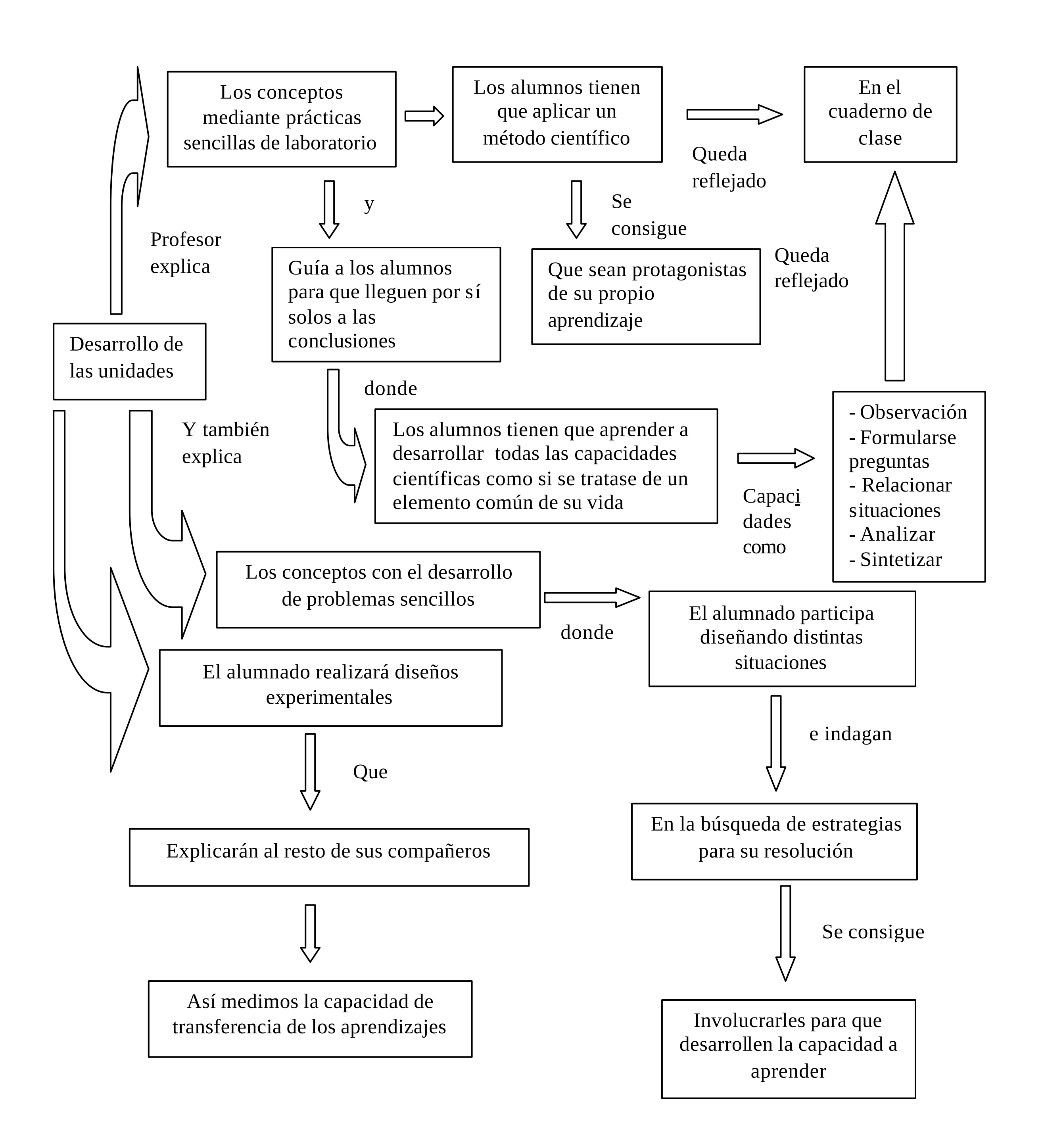
## BIBLIOGRAFÍA

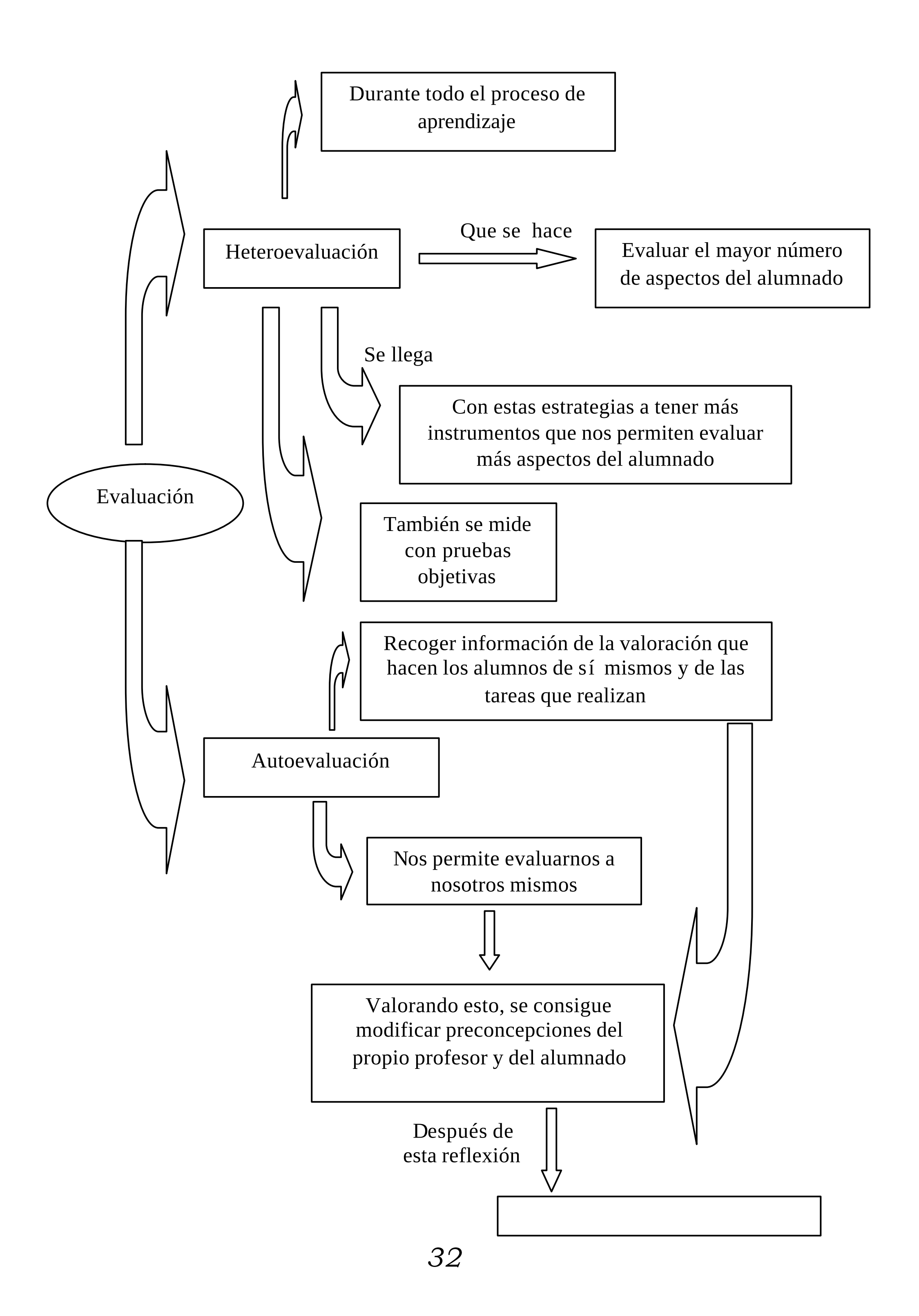
1. J.M. Bernal Martínez, *Origen y evolución de la Didáctica de las Ciencias en el primer tercio de siglo en España*, en *El currículo: historia de una mediación social y cultural*, IX Coloquio de Historia de la Educción, Ed. Osuna, Granada (1996).
2. L. Luzuriaga, *Escuelas activas*, Museo Pedagógico Nacional, Imprenta Cosano, Madrid (1925).

## OBSERVACIÓN

Lo expuesto en este trabajo se sintetiza en una serie de esquemas que se recogen en las siguientes páginas.


Profesor
Inicialmente
Mide el nivel de conocimiento sobre el tema a los alumnos
Como
Prueba inicial
Proceso de estimulación
Se escriben
Pizarra
Realiza práctica sencilla inicial
Propone
Batería de preguntas
A los alumnos les surgirán
Ideas
Debate
Se dan pautas a los alumnos para que empiecen a indagar


Los conceptos mediante prácticas sencillas de laboratorio
Los alumnos tienen que aplicar un método científico
En el cuaderno de clase
Queda reflejado
y
Se consigue
Profesor explica
Guía a los alumnos para que lleguen por sí solos a las conclusiones
Que sean protagonistas de su propio aprendizaje
Queda reflejado
Desarrollo de las unidades
donde
Y también explica
Los alumnos tienen que aprender a desarrollar todas las capacidades científicas como si se tratase de un elemento común de su vida
Capaci dades como
- Observación
- Formularse preguntas
- Relacionar situaciones
- Analizar
- Sintetizar
Los conceptos con el desarrollo de problemas sencillos
donde
El alumnado participa diseñando distintas situaciones
El alumnado realizará diseños experimentales
e indagan
Que
Explicarán al resto de sus compañeros
En la búsqueda de estrategias para su resolución
Se consigue
Así medimos la capacidad de transferencia de los aprendizajes
Involucrarles para que desarrollen la capacidad a aprender


Durante todo el proceso de aprendizaje
Heteroevaluación
Que se hace
Evaluar el mayor número de aspectos del alumnado
Se llega
Con estas estrategias a tener más instrumentos que nos permiten evaluar más aspectos del alumnado
Evaluación
También se mide con pruebas objetivas
Recoger información de la valoración que hacen los alumnos de sí mismos y de las tareas que realizan
Autoevaluación
Nos permite evaluarnos a nosotros mismos
Valorando esto, se consigue modificar preconcepciones del propio profesor y del alumnado
Después de esta reflexión

# SITUACIÓN ACTUAL DE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y DE LA QUÍMICA EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA: "ESTADO CRÍTICO"

***Juan López Velasco, Teresa Lupión Cobos, Antonio Mirabent Martínez***
Asociación Andaluza de Profesores de Física y Química
Centro de Ciencia. Avda. Luis Buñuel, 6. 29011, Málaga
asoprofyq@telefonica.net

*Esta comunicación recoge la necesidad de que los ciudadanos alcancen una auténtica alfabetización científico-tecnológica tras su paso por la ESO. La Física y la Química son pilares básicos en ese proceso y su tratamiento en el Sistema Educativo actual es claramente insuficiente. Se aportan estadísticas que recogen la disminución de vocaciones científicas en esta etapa educativa, aportándose reflexiones sobre sus causas.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La importancia de la Educación Científica y de la Física y la Química en la formación de los ciudadanos en un momento como el actual, en el que el derecho a la educación se ha consolidado para todos, es una realidad demandada por la sociedad de la información y del conocimiento del siglo XXI para seguir avanzando en la dirección que marcan los retos de hoy en día.

Ahora, más que nunca, enseñar Ciencias a toda la población, lograr que mejore la imagen que el alumnado y la ciudadanía tienen de ella, conseguir que los estudiantes aprendan a pensar con una lógica científica, es invertir en el presente y en el futuro de una sociedad. Formar sociedades integradas por ciudadanos pensantes e informados, con espíritu crítico y capacidad de tomar decisiones fundamentadas es el mejor "regalo" que se le puede hacer a un país.

Las Ciencias Experimentales son parte esencial del saber de nuestro tiempo, siendo la Física y la Química soportes de ella al ser disciplinas de instrumentación básica en el conocimiento científico. Es difícil imaginar el mundo actual sin tener en consideración las implicaciones que la mecánica, la electricidad o la electrónica, el mundo de la imagen, del sonido o de las comunicaciones suponen, o sin contar con medicamentos, abonos para el campo, colorantes o plásticos. Todos estos campos fundamentan sus principios en contenidos relacionados con la Física y la Química. Por ello es fundamental que las sociedades incorporen este tipo de contenidos en su bagaje cultural y formativo para conseguir la necesaria alfabetización científico-tecnológica que nos demandan los retos presentes.

Los profesores de Física y Química tenemos muy claro, e insistimos en ello, que la educación de los futuros ciudadanos ha de ser efectivamente integral, es decir que contemple, en justa medida, todos los saberes y dimensiones de la cultura humana y de las demandas de la sociedad de nuestro tiempo. Es necesario que nuestro sistema educativo posibilite, a lo largo de la enseñanza obligatoria, la adquisición de una

formación científica básica, suficiente para el desarrollo personal, social y laboral de sus miembros, que les permita construir concepciones con las que poder interpretar los hechos cotidianos derivados de los avances científicos y técnicos, de manera que éstos sean asumidos con espíritu crítico, fomentando su participación activa.

Sin embargo, en nuestro sistema educativo las ciencias experimentales están muy devaluadas, con un escaso número de horas y con la consideración de materia optativa, incluso en los niveles obligatorios. Y no sólo eso, sino que existe la imposibilidad de realizar el necesario trabajo experimental en el laboratorio, de gran importancia para la formación científica de nuestro alumnado, ya que no se contempla por la administración educativa la dotación de profesorado de apoyo y de las horas de desdobles necesarios para, con garantías de seguridad y calidad, realizarlo.

Nuestra preocupación como profesores sobre el estado de la Enseñanza de las Ciencias Experimentales y de la Física y Química, viene avalada por el informe PISA (*Programme for International Student Assessment)* (1) que la OCDE dió a conocer a finales del pasado año. Dicho informe pone de manifiesto los malos resultados obtenidos por nuestros adolescentes (muestra referida a estudiantes de 15 años, siendo las áreas implicadas lectura, matemáticas y ciencias) en cuanto a la valoración de procesos de aprendizaje basados en competencias que el individuo debe poseer para incorporarse como ciudadano al mundo. Cierto es que hay otros indicadores a considerar (producto interior bruto, inversión en educación, estatus socioeconómico y cultural, diferentes períodos de obligatoriedad en la enseñanza, entre otros), pero podemos aventurar, sin riesgo a equivocarnos, que existe un deterioro en la enseñanza de las Ciencias, entre otras materias. A continuación analizamos las posibles causas y circunstancias que creemos lo propician.

## 2. REFLEXIONES SOBRE LA SITUACIÓN DE LA ENSEÑANZA DE LAS "CIENCIAS DE LA NATURALEZA" Y DE LA "FÍSICA Y QUÍMICA" EN E.S.O. Y EN BACHILLERATO

- En la Ciencia en general y en las carreras científicas en particular, se están produciendo cambios que apuntan a un replanteamiento de las disciplinas clásicas (Física, Química, etc. hacia otras como Ingeniería Química, Bioinformática, etc.), lo que también debiera reflejarse en los currículos de Ciencias en esta etapa.
- En esa misma línea, debería plantearse "*una convergencia de currículos de todas las áreas científicas y tecnológicas*", en línea con los requerimientos europeos.
- La precaria, o a veces nula, realización de actividades en el laboratorio. Esta situación es denunciada sistemáticamente por el profesorado en activo. Hemos de tener en cuenta de que hasta cuarto de ESO su realización es prácticamente inexistente en la realidad (en el Bachillerato inexistente), tanto por las condiciones organizativas (no hay desdoblamiento de profesorado recogido) como estructurales y de recursos (número de alumnos por grupo, espacios de laboratorios, materiales,...). Es a través de la realización de este tipo de tareas como se posibilita, de manera efectiva, una adecuada consecución de los objetivos específicos y de las capacidades, habilidades y

destrezas que se precisan movilizar para la adecuada formación científica en esta última fase educativa de la formación obligatoria. Por ello se debiera favorecer la participación de los alumnos en la realización de actividades prácticas, posibilitando la existencia de instalaciones adecuadas, con la participación de dos profesores en el aula-laboratorio, con agrupamientos coherentes, etc., ya que las condiciones para el trabajo experimental, consustancial con el conocimiento científico, en los centros actuales son claramente insuficientes.

- En el segundo Ciclo de la ESO existe un número de horas insuficiente a todas luces para impartir ciencias y un excesivo número de asignaturas. Así, en tercero de ESO se dan 2 horas semanales de Biología y Geología y otras 2 horas semanales de Física y Química durante todo el curso, o bien 4 horas semanales de Ciencias de la Naturaleza, entendiendo por tal los contenidos curriculares específicos para este nivel, tanto de la asignatura como los de la asignatura "Física y Química". Estas asignaturas son actualmente obligatorias en este curso. En cuarto de ESO nuestras materias son optativas, pudiendo el alumno no elegirlas, elegir una de ellas o las dos. Todo esto depende de la oferta que hagan en su centro, presentándole un bloque cerrado de optativas o posibilitándole que las elija de manera unívoca. En todo caso el alumno que quiera realizar estudios de Bachillerato de Ciencias no está obligado a cursar ninguna de nuestras materias. Por otra parte si el alumno no las elige en 4º de ESO obtiene el título de Graduado en Secundaria con el bagaje formativo que se le ha dado desde la primaria y mediante 3 horas/semana y curso tanto en 1º como 2º de ESO (Primer ciclo) en "Ciencias de la Naturaleza", y 2 horas/semana y curso de "Biología y Geología" en 3º de ESO y 2 horas/semana y curso de "Física y Química" en 3º de ESO. En definitiva, creemos que la realidad lectiva es claramente insuficiente, por lo que sería adecuado establecer la obligatoriedad de la matriculación en todas las materias científicas básicas, inherentes a una formación científica mínima, inexcusable tanto para conseguir ciudadanos alfabetizados científica y tecnológicamente que aquí terminen sus estudios, como para asegurar las finalidades propedéuticas cara al Bachillerato en aquellos otros que así lo deseen.
- Una forma de solucionar que en el último año de la ESO, cuando el alumno ha alcanzado una mayor madurez formativa y disciplinar, curse necesariamente alguna materia científica. Para ello en 3º de ESO, al igual que en 4º de ESO, todos los alumnos deberían recibir una adecuada y suficiente formación científica, cursando obligatoriamente las materias de "Física y Química" y "Biología y Geología" con un horario mínimo de 3h semanales cada una. Es innegable que los contenidos básicos, específicos de cada disciplina tienen que tener su espacio temporal a nivel organizativo, metodológico y curricular**,** mínimamente en esta última fase de la educación secundaria, propedéutica a las estructuradas asignaturas del "corto" Bachillerato, que responden a una formación académica muy concreta, en línea con planteamientos disciplinares procedentes de los ámbitos universitarios actualmente existentes.

• En los bachilleratos de Ciencias, concretamente en el primer curso, hay muy poco tiempo para abordar los contenidos obligatorios de Física y Química, al encontrarse las dos materias en una sola asignatura.

Recientemente en nuestro propio Senado se planteó la separación en dos asignaturas diferentes ya desde primero de Bachillerato de la actual materia "Física y Química". En línea con los currículos de la mayoría de los países de nuestro entorno europeo sería necesario que esta separación pudiera ya abordarse, de manera que nuestro alumnado pudiera cursar ambas materias separadamente sin menoscabo una de otra ni de otras materias científicas o tecnológicas básicas.

• En las coordinaciones de Selectividad hemos constatado la falta de preparación con que llega a la Universidad el alumnado en estas materias, planteándose la posibilidad de un curso cero en algunas Facultades, para intentar cubrir estas deficiencias, sin que esta medida sea la solución.

• Una formación científica de nuestro alumnado en el Bachillerato debe caminar, al igual que en los restantes niveles educativos, en la dirección de la convergencia con los estudios en Europa. Flaco favor se hace a esta línea si, no ya por comparación con centros de diferente titularidad sino por su propia formación, no se permite al alumno adquirir una formación amplia y diversa en todas las materias científicas básicas, de manera que éste pueda afrontar con garantías su inicio en el mundo universitario o bien en ciclos formativos de mayor nivel. Por ello, en el Bachillerato de Ciencias el alumno tiene que poder cursar todas las materias científicas y tecnológicas básicas (entiéndase Matemáticas, Biología, Geología, Física, Química y Tecnología), independientemente de número de alumnos por grupo matriculado y sin que esto suponga sobrepasar las 30 horas lectivas semanales. Por tanto, en el Bachillerato de Ciencias todas las materias específicas del área científica deben ser obligatorias para garantizar una formación básica en todas las áreas de la Ciencia.

## 3. DATOS ESTADÍSTICOS E INTERPRETACIÓN

Los anexos que se recogen a continuación, referidos a los distritos universitarios andaluces y a la provincia malagueña, ilustran el marcado descenso que ha experimentado la matriculación en nuestras materias en los últimos cursos académicos. Esta situación es, desgraciadamente, extrapolable a la existente, en general, en el resto del Estado (2).

## ANEXO I: DATOS DEL ALUMNADO DE IES DE CENTROS DE MÁLAGA CAPITAL (OCTUBRE 2004)

| **Nº alumnos en** | LITO-RAL | E.PRA-DOS | C.JAR-DIN | J. MARÍN | CÁNO-VAS | P.PI-CASSO | M.NOS-TRUM | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4º ESO | 63 | 72 | 50 | 47 | 45 | 75 | 51 | 403 |
| F. y Q. de 4º ESO | 36 | 52 | 27 | 11 | 19 | 25 | 17 | 187 |
| 1º Bachillerato | 138 | 176 | 79 | 226 | 45 | 50 | 57 | 771 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| F. y Q. de 1º Bach. | 63 | 66 | 26 | 62 | 15 | 24 | 32 | 288 |
| Física de 2º Bach. | 4 | 13 | 9 | 30 | 4 | 8 | 13 | 81 |
| Química de 2º Bach. | 40 | 54 | 15 | 40 | 13 | 10 | 14 | 186 |

Alumnos en F y Q de 4º de ESO = 46 %
Alumnos de 1º de bachillerato que dan FyQ = 37 %
Alumnos de 2º de bachillerato de Ciencias que dan Física = 30 %
Alumnos de 2º de bachillerato de Ciencias que dan Química = 70 %

Estos datos, coincidentes con otras estadísticas más generales, nos hacen ver con nitidez la situación actual del bachillerato de Ciencias:

- El 37 % del alumnado de 1º de bachillerato opta por el bachillerato de Ciencias. El descenso de alumnos en los últimos años ha sido muy grande.
- Sólo el 30% de los alumnos de 2º de bachillerato de los itinerarios de Ciencias estudia Física. Este es un dato preocupante pues quiere decir que el 70 % de los alumnos de Ciencias, en los dos años de bachillerato, dan únicamente 2 horas de Física (en 1º de bachillerato).
- Dado que la Física es una materia básica en Ciencias vemos que la preparación de la inmensa mayoría de alumnos de Ciencias es muy deficiente.
- Si además tenemos en cuenta que la mayoría de los alumnos de Ciencias no dan Matemáticas en 2º de bachillerato: ¿no estamos propiciando un fracaso seguro de sus estudios posteriores?
- El 70 % de los alumnos de 2º de bachillerato de los itinerarios de Ciencias estudian Química.
- Un porcentaje mínimo, quizás el 5 % o menos, estudian ambas materias, Física y Química, en 2º de bachillerato.
- La carga lectiva de materias científicas en el bachillerato es de un 33 %.

En cuanto a la situación en la Educación Secundaria Obligatoria:

- El número de alumnos que estudian Física y Química en 4º de ESO es del 46 %, por tanto la mayoría (56 %) únicamente han estudiado 2 horas de Física y Química (como materia específica) en 3º de ESO. El nivel de conocimientos básicos de Ciencias resulta en general muy bajo.
- Las prácticas de laboratorio, imprescindibles en estas materias, son casi inexistentes (no hay hora de desdoble).

## ANEXO II: SELECTIVIDAD FISICA. UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

De los datos estadísticos que edita la Universidad de Málaga sobre la Selectividad correspondientes a Junio de 1997, 1999, 2000, 2003 y 2004, se pueden realizar las siguientes observaciones:

- El porcentaje de alumnos que se matriculan de la prueba de Física, respecto al número total de alumnos matriculados en Selectividad, ha ido sufriendo un descenso muy elevado:

| **1997** | **1999** | **2000** | **2003** | **2004** |
|---|---|---|---|---|
| 44,5 % | 34,7 % | 30,51 % | 23,2 % | 24,99 % |

- Resulta interesante observar:

| **SELECTIVIDAD JUNIO** | **MATRÍCULA TOTAL EN SELECTIVIDAD** | **FÍSICA** |
|---|---|---|
| **1997** (COU) | 4.875 | 2.467 |
| **2004** (LOGSE) | 4.713 | 1.178 |
| La caída en el número de alumnos matriculados en la materia de Física ha sido del 52 % | | |

**ANEXO III. SELECTIVIDAD QUÍMICA. UNIVERSIDAD DE MÁLAGA**

De los datos estadísticos que edita la Universidad sobre la Selectividad correspondientes a Junio de: 1997, 1999, 2000, 2003 Y 2004 se pueden realizar las siguientes observaciones:

- El porcentaje de alumnos que se matriculan de la prueba de QUÍMICA, respecto al número total de alumnos matriculados en Selectividad, ha ido sufriendo un descenso elevado descenso:

| 1997 | 1999 | 2000 | 2003 | 2004 |
|---|---|---|---|---|
| 50,6 % | 44,8 % | 42,63 % | 31,3 % | 31,68 |

- Resulta interesante observar:

| **SELECTIVIDAD JUNIO** | **MATRÍCULA TOTAL EN SELECTIVIDAD** | **QUÍMICA** |
|---|---|---|
| 1997 (COU) | 4.875 | 2.669 |
| 2004 (LOGSE) | 4.713 | 1.493 |
| La caída en el número de alumnos matriculados en Química ha sido del 44 % | | |

**ANEXO IV. EVOLUCION DE LA MATRICULA EN LAS FACULTADES DE QUÍMICA DE ANDALUCIA: Cursos: 99/00 al 03/04.**

Datos relativos a las Facultades de Química**,** extrapolables a Facultades de Física y de Matemáticas.

| UNIVERSIDAD | PLAZAS CUBIERTAS | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **99-00** | **00-01** | **01-02** | **02-03** | **03-04** |
| **Almería** | 54 | 44 | 22 | 24 | 22 |
| **Cádiz** | 129 | 123 | 69 | 58 | 53 |
| **Córdoba** | 168 | 93 | 87 | 61 | 64 |
| **Granada** | 313 | 299 | 278 | 187 | 188 |
| **Jaén** | 102 | 74 | 35 | 32 | 29 |
| **Málaga** | 176 | 106 | 68 | 46 | 35 |
| **Sevilla** | 276 | 275 | 268 | 188 | 146 |
| **Total** | **1218** | **1014** | **827** | **596** | **537** |

- El descenso que se ha producido resulta muy significativo e importante.
- Debe tenerse en cuenta además que el número de abandonos es considerable.
- La preparación con la que llegan los alumnos a la universidad es muy baja.

## 4. PROPUESTAS DE MEJORA PARA LA ENSEÑANZA / APRENDIZAJE DE LA FÍSICA Y LA QUÍMICA

Las actuaciones que indicamos a continuación se refieren tanto al desarrollo de los currículos como a las distribuciones horarias de los diferentes niveles educativos.

- *Tanto en ESO como en Bachillerato*: Desdoblar una hora semanal para la realización de actividades prácticas en todos los grupos y niveles que den Física y Química.
- *Referentes a la ESO*: Las Ciencias Experimentales en el 2º ciclo de la ESO deben tener un mayor peso, así creemos que habría que:

- Ampliar a tres horas lectivas en 3º de ESO adaptando su desarrollo curricular.

- Diversificar la oferta de optatividad de Física y Química en 4º de ESO en dos opciones A y B, una dirigida al itinerario científico-técnico y otra al resto, de manera que todos los alumnos tengan acceso a una cultura científica adecuada.

- *Referentes al Bachillerato*:

- Dividir la materia de Física y Química de 1º de Bachillerato en dos asignaturas independientes y obligatorias para los alumnos que cursen los bachilleratos de las modalidades científicas, con un mínimo de 3 horas para cada una.

- Todos los alumnos de los Bachilleratos de Ciencias deben cursar durante el segundo año las dos materias (tanto la Física como la Química), sin que esto suponga dependencia de número de alumnos ni sobrepasar las 30 horas semanales del horario escolar estándar.

- Adscribir preferentemente las materias optativas relacionadas con nuestra disciplina, tales como: Astronomía, Historia de la Ciencia, Ciencia, Técnica y Sociedad, Mecánica y Electrotecnia, etc., al Departamento de Física y Química.

- La asignatura de Cultura científica propuesta por el MEC debería poner de manifiesto el papel de la Ciencia en la Sociedad a través de grandes temas científicos, asegurándose de que se haga de una forma vivenciada y participativa por parte de los alumnos. Así, es necesario garantizar una formación mínima en Ciencias que, permita a los estudiantes de otros Bachilleratos incorporar un bagaje de conocimientos adecuado con el que puedan ser ciudadanos científica y tecnológicamente alfabetizados, siguiendo las tendencias europeas, de manera que la cultura que adquieran sea también científica.

## 5. FORMACIÓN DEL PROFESORADO

Se debe arbitrar un sistema más acorde con las necesidades específicas que requieren estas materias, articulándose una adecuada formación inicial y permanente. En todo caso los planes aplicados deben recoger opciones válidas y viables para que el docente pueda promocionarse profesionalmente a otros niveles del sistema educativo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Informe 2003 del Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes (PISA). *Evaluación de los primeros resultados en España*. Ed. MEC, Madrid (2004).
2. *¿Hay una crisis de vocaciones científico-técnicas? El tránsito de la Educación Secundaria a la Universidad*. Ed. FECYT, Madrid (2004).

# LEER Y ESCRIBIR EN CLASE DE QUÍMICA: ANÁLISIS DE LA COMPETENCIA LECTORA EN UN EXPERIMENTO

***Núria Solsona***
IES Josep Pla, Vall d'Ordesa, 24, 08031. Barcelona. nsolsona@pie.xtec.es

*El estudio se ha realizado a pequeña escala, en la iniciación a la Química en varias clases de Enseñanza Secundaria en Barcelona. Se analizan los informes de laboratorio del alumnado realizados a partir de un experimento cuando se utiliza la cocina como contexto de aprendizaje. El trabajo que presentamos forma parte del grupo de investigación LIEC (Lenguaje y Enseñanza de las Ciencias) en el que participa profesorado de diferentes niveles educativos interesados en enseñar a leer y escribir textos científicos al alumnado de Secundaria.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Como es sabido, los resultados del Informe 2003 del Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes (PISA) publicados a finales de 2004 plantean que los jóvenes españoles de 15 años alcanzan estrictamente los estándares de lectura homologables a la Educación Primaria. Isabel Solé (1) plantea que la interpretación de los datos PISA (2003) permite recordar que en Secundaria varias investigaciones señalan que el tratamiento educativo de la lectura es muy poco frecuente. Señala la autora que hay una extendida idea que permite creer que leer y escribir son habilidades básicas que se adquieren de una vez para siempre y que se transfieren sin más a diversas áreas. La realidad de los centros educativos no avala esta creencia. Los textos son mediadores de las interacciones escolares. Las funciones de los textos escritos son transmitir información, provocar reflexión, modificar las representaciones y ser agente de simulaciones. Diversos estudios analizan la importancia de la competencia lectora para el aprendizaje en general, y para las Ciencias en particular (2). La comprensión lectora supone un proceso de comprensión de sentidos. Las claves para la comprensión lectora pasan por construirse una representación textual, es decir apropiarse de los objetivos de la lectura y dominar las estrategias adecuadas a los diferentes niveles de lectura. Para ello es necesario realizar la construcción de la representación situacional, es decir ser una persona capaz de leer las "marcas" propias de cada discurso. Aprendemos cuando gestionamos nuestro propio ritmo de comprensión y una de las maneras de poner a prueba el ritmo de comprensión es durante la lectura, no mientras escuchamos una clase o una explicación.

La formación de una ciudadanía con una mínima cultura científica, capaz de comprender e interpretar algunos fenómenos científicos de su entorno es uno de los retos de la ciencia escolar. Si queremos mirar al futuro a través del análisis del presente, para la formación de una ciudadanía con cultura científica hay profundizar en su formación científica. Una formación que capacite a las personas para construir

su forma de sentir, pensar y actuar sobre el mundo tomando los modelos científicos como uno de los puntos de referencia. Los modelos son representaciones mentales de los fenómenos del mundo que constituyen los núcleos de las teorías científicas. Para mejorar el aprendizaje y la formación científica, el profesorado debe posibilitar que el alumnado construya los modelos explicativos que rigen la actividad científica y adquiera las habilidades necesarias para seguir adquiriendo nuevos conocimientos.

Una habilidad importante en la educación para la ciudadanía es la lectura de textos. Nuestra intención es proponer al alumnado textos que les permitan desarrollar capacidades para adquirir nuevos conocimientos. Para ello será necesario que a lo largo de su vida tengan la habilidad de comprender e interpretar textos de distintos tipos, relacionados con el ámbito científico. Algunos de ellos serán estrictamente científicos, pero otros tendrán carácter de divulgación científica. Desde la perspectiva de formación de persona lectoras autónomas, nos interesa analizar el tipo de textos que durante el aprendizaje de la Química se proponen al alumnado y en qué medidas son útiles para desarrollar sus competencias lectoras.

En Química, la gran cantidad de información que el alumnado debe gestionar durante el proceso de modelización del cambio químico lleva aparejada la necesidad de entrenar su competencia lectora. La lectura de textos propios de la disciplina es un poderoso instrumento para incrementar, elaborar y reorganizar el conocimiento. Las tareas de lectura más complejas exigen pensamiento estratégico manejar textos diversos y casi siempre, complementar la lectura con la composición escrita. Esas tareas hay que enseñarlas y practicarlas en las diferentes disciplinas y, si es posible, de manera gratificante.

## 2. LAS LECTURAS EN LA CLASE DE QUÍMICA

Los libros de texto de uso escolar en los que el alumnado entrena su competencia lectora no despiertan su interés debido al uso del lenguaje formal que utilizan, así como a su estructura y contenido (3). La mayoría de lecturas de los libros de texto son textos escritos con una finalidad didáctica, pero en muchos casos tienden a un enfoque muy cientifistas, excepto en aquellos que plantean un enfoque CTS Ciencia-Tecnología-Sociedad).

El uso de contextos de aprendizaje diferentes de tradicional como el contexto culinario para iniciar el aprendizaje de la Química (4) posibilita la lectura de textos que resultan de interés para el alumnado, quizá porque afectan a su dimensión emocional. Las características de textos como los utilizados en 4º de ESO "¿Por qué se enfría la sopa cuando soplamos?", "¿Has confundido alguna vez la sal con el azúcar?", "Las propiedades culinarias de las sustancias", "Una mezcla de agua y aceite. Preparación de la mayonesa" (4) y "La estructura de las sustancias y su sabor" (5) son textos divulgativos de características divergentes de las habituales en un libro de texto. Y sirven de puente para entrenar la competencia lectora de los textos más estrictamente disciplinares.

Además, los textos que tratan temas cercanos a la realidad del alumnado, como la cocina, permiten trabajar con hechos científicos y entidades conocidas, lo que permite construir más fácilmente los hechos científicos. En el caso de la lectura de los textos culinarios citados, dado que se han elaborados *ad hoc* para la secuencia didáctica de aprendizaje del cambio químico, es más fácil resaltan los aspectos de los hechos del mundo que interesa y contextualizar mejor el modelo de cambio químico. El texto "La estructura de las sustancias y su sabor" empieza hablando de las diferencias de sabor de los distintos tipos de tabletas de chocolate, un hecho cotidiano y, a continuación, lo relaciona con la agrupación de las moléculas durante la solidificación: lo que permite transformar el hecho familiar en hecho científico. En el texto se resalta la idea clave para comprender el fenómeno de la solidificación, que las partículas se ordenan según estructuras diversas que dependen de las condiciones en se efectúa la solidificación.

El texto "Una mezcla de agua y aceite. Preparación de la mayonesa" va acompañado de unos esquemas que representan las moléculas de agua y aceite. La lectura del texto se realiza después de haber hecho la preparación en la cocina / laboratorio y va acompañada de una pequeña simulación teatralizada de la formación de la emulsión. Se empieza hablando de un hecho cotidiano: el agua y el aceite no se mezclan. A continuación, se habla de la estructura interna de estas sustancias lo que permite transformar el hecho familiar en hecho científico y facilita la contextualización del modelo científico que se propone reforzar con la lectura. Este texto, además busca la complicidad del alumnado, puesto que empieza diciendo: "Como ya sabes..."

## 3. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

Ya hemos dicho que la lectura es un poderoso instrumento para elaborar y reorganizar el conocimiento, pero también lo es la escritura. Escribir sobre un tema supone procesar, seleccionar e integrar la información recibida y reelaborarla mediante la escritura.

Mi objetivo es analizar los niveles de lectura del alumnado de 4º de ESO del experimento: la fabricación de requesón y su significatividad en el proceso de modelización del cambio químico. Los tres experimentos que se realizan en 4º. de ESO para la modelización del cambio químico se organizan en una secuencia didáctica, donde primero se hace el bizcocho, después se hace caramelo y finalmente se prepara requesón. Las producciones del alumnado que he analizado son los informes realizados a partir del experimento. Para ello previamente consensuamos la realización de los informes siguiendo unas pautas determinadas. El informe tiene una introducción que incluye el objetivo del experimento, a continuación debe recoger de forma resumida el desarrollo del experimento y las conclusiones macroscópicas y microscópicas.

La muestra estudiada está formada por treinta y cuatro informes escritos en dos clases de 4º de ESO del IES Josep Pla de Barcelona realizados en enero de 2004. Durante los experimentos el alumnado trabaja en grupos cooperativos.

Originariamente, el requesón era un queso de cabra sin sal y la *cuajada* una leche cuajada de oveja que con el tiempo ha sido sustituida por leche de vaca. La planificación del experimento en la preparación del requesón sigue el siguiente procedimiento:

1. Vierte 50 g de leche en un vas de precipitados de 200 mL y añade 10 gotas de limón. Apunta la masa de la leche y del limón.

2. En un montaje de laboratorio con un pie de laboratorio, rejilla y círculo, calienta suavemente hasta que la leche coagule y deja hervir unos minutos. Mide la temperatura de la mezcla al principio y al final. Apunta las observaciones experimentales en función del tiempo.

3. Una vez hecho el requesón, déjalo enfriar. Lava el requesón con agua para eliminar el azúcar, fíltralo en un embudo con papel de filtro y mide las masas del suero (una disolución de azúcar) y el requesón.

4. Apunta la masa del requesón y del suero. Apunta las conclusiones del grupo y justifica si se cumple la ley de la conservación de la masa.

5. Escribe el informe científico del experimento.

El material necesario es la leche, el limón, el vaso de precipitados, un mechero Bunsen, un pie de laboratorio, la balanza el termómetro, el embudo, el papel de filtro y una varilla de vidrio.

Las observaciones experimentales escritas son como las siguientes:

| ***Tiempo*** | ***Observaciones*** |
|---|---|
| 0’ | Ponemos 50 g de leche con 10 gotas de limón y medimos la masa de los reactivos. |
| 1’ | Ponemos a calentar la leche y el limón y empezamos a hervir. |
| 1’25’’ | Empiezan a formarse coágulos. |
| 2’50’’ | Se desprenden sustancias volátiles. |
| 5’13’’ | Apagamos el fuego y dejamos enfriar. |
| | Con el embudo y el papel de filtro, filtramos el requesón del suero. |

Hay que señalar que no siempre es fácil la medida de la masa. En función del tipo de leche que se utilice, en algunos grupos, la filtración se convierte en un proceso muy lento y no tienen tiempo de terminar el experimento. Asimismo, en otros grupos la lectura literal es demasiado superficial y olvidan medir la masa de las sustancias finales, suero y requesón. Los datos más habituales son: $m_{leche}$= 50 g, $m_{limón}$= 10 gotas, $m_{requesón}$= 11,8 g, $m_{suero}$ = 38,9 g

## 4. ANÁLISIS DE LOS TEXTOS PRODUCIDOS POR EL ALUMNADO A PARTIR DE UN EXPERIMENTO

Para analizar los textos realizados por el alumnado a partir del experimento he adaptado algunas de las preguntas y pautas propuestas por Wilson y Chalmers (6). Decimos que se realiza la lectura literal de un texto cuando se entiende el contenido del texto. Decimos que se realiza una lectura inferencial del texto cuando se entiende

el significado del texto más allá de su sentido literal, estableciendo relaciones y conexiones con tus propios conocimientos. Una lectura evaluativa implica juzgar de manera razonada la eficiencia de los significados del texto escrito. Una lectura creativa supone proponer ideas nuevas, generalizarlas si es posible y aplicarlas a las ideas originales del texto.

Para el análisis del nivel de lectura literal hemos tenido en cuenta si en los informes se identifica el objetivo del experimento, los materiales o sustancias que se utilizan, los instrumentos, el procedimiento, los términos específicos y su significado, y la medida de los datos. Para el análisis del nivel de lectura inferencial hemos tenido en cuenta si en los informes se recogen los aspectos implícitos en el trabajo de laboratorio que no están indicados en el procedimiento, los conceptos y los principios relacionados con el experimento, así como el establecimiento de relaciones de causa – efecto en las conclusiones del experimento. Para el análisis del nivel de lectura evaluativa hemos tenido en cuenta si en los informes se analizan las dificultades experimentales y los resultados no previstos en el experimento y si se hacen propuestas de mejora del mismo.

**5. RESULTADOS**

El análisis del primer nivel de lectura textual indica que una mayoría del alumnado ha realizado en conjunto una lectura literal correcta. Los únicos problemas surgen en el cálculo de la masa.

En cuanto al objetivo del experimento, sólo hay dos chicas que no lo indican en su informe. En el resto de los informes, se distinguen dos grupos. Un grupo de alumnado sólo habla del objetivo culinario y empiezan el informe diciendo por ejemplo: "El jueves pasado preparamos requesón, unos postres deliciosos...". El segundo grupo identifica correctamente los objetivos culinarios y científicos del experimento simultáneamente y un chico dice: "El jueves pasado fuimos al laboratorio para tratar de conseguir un doble objetivo en la preparación del requesón: un objetivo culinario, cómo aprender a hacer requesón, y otro científico, controlar la reacción química entre la leche y el limón al convertirse en requesón y suero". Una chica añade: "Con el objetivo de saberlo hacer nosotros mismos, saber el procedimiento y saber químicamente a qué responde". Otros chicos de este mismo grupo indican el objetivo científico del experimento diciendo: "observar el cambio químico a partir de unos reactivos (leche y limón) para obtener unos productos (requesón y suero)", o "con el objetivo de demostrar la teoría del cambio químico". "El objetivo científico de este experimento es observar un cambio químico a partir de unos reactivos (leche y limón) para obtener los productos de la reacción".

La mayoría de recogen los materiales e instrumentos necesarios, y prácticamente casi todos escriben correctamente el procedimiento o, dicho en el lenguaje de María: "el esquema donde teníamos escritos los pasos que teníamos de seguir Una mayoría del alumnado recoge les medidas de la masa, pero un sector olvida medir la masa de los productos de la reacción.

En cuanto a la identificación de términos específicos, el alumnado tiene problemas y confunde "hervir" y "coagular". Asimismo la comprensión del significado de "filtrar" es completa a nivel macroscópico, pero no está claro que lo sea también a nivel del modelo de partículas. Una chica utiliza el término "colar la leche" menos científico y más cotidiano. Un chico especifica las diferencias que observa visualmente y dice que primero "sé cortar la leche" y después "coagula".

La lectura inferencial, en la preparación del requesón incluye los aspectos que no están indicados en el procedimiento que podrían ser obvios en un laboratorio universitario y que el alumnado de Secundaria debe saber hacer para realizar el experimento. Es decir, los aspectos del trabajo de laboratorio que deberían ser aprendizajes previos. Así, por ejemplo, un primer nivel de asociación simple supone saber reconocer los instrumentos a partir de su nombre. Otro nivel sería saber que hay que tarar el vaso de precipitados antes de medir la masa de la sustancia que contiene el vaso, saber realizar el montaje para hervir la leche con el limón, y saber colocar el termómetro en la pinza, sin que toque el fondo del vaso de precipitados, para medir la temperatura correctamente. Desgraciadamente, no se acuerdan de algunos aspectos del trabajo de laboratorio a pesar de haberlos realizado en anteriores ocasiones, como doblar el papel de filtro. Un grupo confundió el termómetro de laboratorio con el clínico, pero María es la única que escribe en su informe: "Medimos la temperatura inicial de la leche, creyendo que el termómetro era como el de casa para cuando estás enfermo y pensamos que había que bajarlo porque marcaba 16 grados, la temperatura ambiente, ya que se trataba de un termómetro de laboratorio. Después de esta "pequeña confusión...". El resto de compañeros del grupo no menciona la confusión.

Los conceptos mínimos necesarios para interpretar el experimento son cambio químico, energía, reactivos, productos, masa, conservación de la masa, propiedad, reordenación atómica, átomos, moléculas, enlaces, filtración, coagulación,... Una chica reflexiona en su informe: "Antes de empezar a experimentar hemos tenido que aprender algunos fundamentos teóricos para hablar con propiedad y entender lo que ocurría". En otros grupos, en lugar del informe de laboratorio se construye la V heurística partir de los resultados obtenidos en el experimento del requesón. Por su propia estructura, la V heurística permite identificar mejor los conceptos que el informe científico. Pero como algunos alumnos hacen los informes y las V heurísticas con el ordenador, guardan la colección de conceptos y de principios teóricos, de forma que siempre aparecen en el mismo orden. Además, escribir la lista de conceptos no asegura el estadio de comprensión lectora que supone reconocer los atributos que identifican o definen cada concepto.

Un segundo nivel de comprensión lectora supone establecer relaciones entre conceptos. Ésta es una tarea compleja con varios eslabones que supone identificar primero los conceptos e integrarlos mediante relaciones entre ellos. Un ejemplo de este nivel de comprensión lectora sería el principio de conservación de la masa. A pesar de realizar siempre la puesta en común de los datos de los grupos, en algunos informes no se enuncia el principio de conservación de la masa en sus conclusiones.

Una chica dice: “Se cumple la ley de la conservación de la masa, a pesar de que los datos no lo reflejan, porqué hemos tenido muchas pérdidas a lo largo del experimento” o “porqué perdemos masa y se evaporan sustancias”. Otros informes, a pesar de que lo incluyen como concepto en la lista, a veces no son capaces de recoger la aplicación de este principio en las conclusiones. Sólo un pequeño porcentaje de informes científicos cita el principio de conservación de la masa. Una chica dice: “La masa final ha sido de 49,4 g, por lo tanto sabemos que sí se ha cumplido la ley de la conservación de la masa, y que la pequeña pérdida de 3 g aproximadamente se debe a que hemos perdido un poco de requesón durante el proceso”. En cambio, un chico comenta: “No hemos podido demostrar el principio de mantenimiento de la masa”.

La escritura de la ecuación química asociada al cambio supone también el establecimiento de relaciones entre los conceptos de “reactivos” y “productos” y su representación simbólica. En la mayoría de informes se limitan a escribir:

leche + limón ? requesón + suero,

y en algunos:

caseína+ ácido cítrico ? caseína coagulada + azúcar (disolución)

Pero no podemos asegurar que en la muestra la leche, el limón, el requesón y el suero se identifiquen como sustancias. Casi nadie pone estas sustancias en la lista de conceptos, como habían hecho otros cursos.

Entre los aspectos implícitos del experimento, además de los que ya hemos comentado, está la construcción del modelo de cambio químico, entendido como la formación de nuevas sustancias a nivel macroscópico, el papel de la energía, el principio de la conservación de la masa, y a nivel microscópico, entendido cómo la rotura de enlaces en las moléculas de los reactivos, la reordenación atómica y la formación de nuevos enlaces en los productos de la reacción. En casi todos los informes se escriben las conclusiones macroscópica y microscópica que son prescriptivas, al final del informe pero, al igual que en la lista de conceptos almacenados en el ordenador, queda la duda de si no hay una cierta rutinización al escribir respuestas memorizadas en los experimentos anteriores de cambio químico (la fabricación del bizcocho y el caramelo). En comparación con el experimento de fabricación del bizcocho, el experimento del requesón favorece la elaboración de más cantidad de conclusiones del tipo “mecano” (7). Dicen “A nivel macroscópico, cuando calentamos la leche con unas gotas de limón, a unos 95ºC de temperatura se forma requesón. Y a nivel microscópico los enlaces de las moléculas de los reactivos (leche y limón) se rompen, hay una reordenación atómica y se forman nuevos enlaces en las moléculas de los productos de la reacción: requesón y suero”.

Dos chicos llegan a otro tipo de conclusiones no correctas: “hay un cambio físico, que la leche ha pasado de líquida a sólida” y “el limón es un coagulante que separa que separa las dos partes de la leche: la líquida y la sólida”.

Algunos indicios de la lectura incompleta de las conclusiones nos lo suministra el hecho que no sepan relacionar algunas dificultades que surgen en el proceso con la cantidad de las sustancias. Por ejemplo, cuando falta limón y la leche no cuaja, algunos grupos creen que el experimento no funciona y no toman la iniciativa para añadir más limón.

En la elaboración de las conclusiones, la redacción del informe científico favorece que el alumnado establezca relaciones de causa-efecto. En las estructuras causales, el limón y la energía son los agentes causales, tal como se puede observar en los siguientes ejemplos de textos de varias alumnas: "El limón hace que la leche se corte y cuando lo calentamos cuaja". "Cuando calentamos la leche con unas gotas de limón, a unos 95ºC de temperatura se forma requesón". "La leche coagula, ya que se ha producido un cambio químico al añadir limón y al aplicarle energía". "Cuando calentamos la leche... cuaja y por lo tanto se forma requesón y suero". "Cuando calentamos la leche con un poco de limón se produce un cambio químico y se forma requesón y suero". Algunas estructuras causales escritas por chicos son: "Macroscópicamente, el limón hace que la leche se corte y cuando lo calentamos cuaja. De aquí sale el suero ($C_6H_{12}O_6$) y la caseína coagulada". "Macroscópicamente acordaríamos que el limón hace que la leche se corte y cuando le damos energía cuaja". "Al calentar la leche se produce un cambio químico...".

En cuanto a la lectura evaluativa, es decir la parte reguladora de la actividad, es de interés estudiar cómo el alumnado analiza las dificultades experimentales y los resultados no previstos o divergentes durante la experimentación. El procedimiento indica el orden en que hay que añadir las sustancias y el orden en que hay que utilizar los instrumentos, pero como es normal en 4º de ESO, no saben diferenciar entre leche desnatada, leche entera, leche caducada o coagulada, etc., desde del punto de vista químico, es decir de la estructura interna y la cantidad de proteínas. Simplemente comentan: "Medimos 50 g de leche pasada ya que así coagula más rápido".

La principal dificultad experimental para preparar requesón reside en la coagulación de la leche, es decir, encontrar el punto isoeléctrico en el que las proteínas precipitan. Es difícil analizar lo que ocurre durante el proceso por el alumnado y menos interpretarlo en términos químicos. A veces la leche no cuaja y llega el termómetro a los 100º C y la dejan hervir mucho rato. Escriben: "La leche tuvo que hervir cinco minutos debido a la alta cantidad de agua de la leche comercial". "Ha hervido sin coagular y se nos ha quedado el requesón pegado al termómetro, en el vaso de precipitados y en la varilla; por lo tanto, no nos ha quedado exacto. Hemos tenido que añadir 11 gotas de limón, ya que no acababa de coagular del todo". Otra alumna del mismo grupo lo explica como un proceso: "Nos ha quedado un poco de requesón en el termómetro, en el vaso de precipitados y en la varilla. Ha empezado a hervir sin que haya coagulado del todo y hemos tenido de añadir 11 gotas de limón". Otra chica sabe identificar los hechos más significativos, por ejemplo cuando dice: "Dado que la leche que he utilizado es desnatada nos ha costado mucho que la leche coagulara y hemos tenido que añadir más gotas de limón". Otra chica establece un

razonamiento quizás más completo: “T = 89ºC: Como faltan pocos grados para que la leche empiece a hervir y la leche no cuaja para nada, hemos añadido 5 gotas más de jugo de limón”.

Otra dificultad experimental en la preparación del requesón es la filtración, un proceso muy lento, hasta el punto que a veces hay que dejarlo un día entero. La clase siguiente casi nadie se acuerda y además, la mayoría de los grupos no pueden explicar el motivo de la lentitud de la filtración, es decir relacionarla con la medida de las grandes agrupaciones de la caseína coagulada. Se limitan a decir “Hemos podido observar que la filtración es muy lenta”, o bien comentan: “Al principio pasaba bien pero al final lo tuvimos que dejar porqué no había manera de separar el requesón del suero”.

En cuanto a proponer algún cambio para mejorar el experimento, no creo que el alumnado pueda hacerlo ya que no se trata de un tipo de experimento cercano a su realidad cotidiana. Las propuestas de mejora se producen en casos como por ejemplo, en la fabricación del bizcocho incluso en el proceso de planificación Además, en algunos grupos que habían olvidado llevar el limón al laboratorio y utilizaron vinagre, mostraron su sorpresa ya que no les parecía que fueran sustancias que pudieran cumplir unciones similares. En 4º de ESO, una mayoría no sabe que las dos sustancias son ácidas y, a pesar de que se les suministre esta información en clase, lo olvidan rápidamente. Probablemente no forma parte de la cantidad de información química que son susceptibles de recordar ni corresponde al nivel de demanda cognitiva correspondiente el momento en que se encuentran en el proceso de modelización del cambio químico. Únicamente, un grupo de dos chicos preguntó la cantidad exacta de limón necesario para cuajar un litro de leche y se lo prepararon para merendar con éxito.

La redacción de un informe de laboratorio después de haber realizado el experimento favorece la lectura evaluativa, a diferencia de la construcción de la V heurística que, a medida que se va utilizando, adquiere el carácter de foto fija para el alumnado. Un grupo dos chicos es capaz de explicar los resultados no previstos o divergentes, cuando dice “Ha coagulado todo en el vaso y hemos mezclado una filtración con una decantación para separar el requesón del suero”. Un chico del mismo grupo dice “No hemos tenido que filtrar el requesón ya que nos hemos podido permitir hacerlo directamente por decantación”. En la valoración final del experimento, un chico dice: “Considero que este experimento ha sido positivo por qué hemos podido seguir el proceso químico y culinario del requesón”.

El experimento del requesón no favorece la lectura creativa, a diferencia del bizcocho, en el que los grupos recurren a todo tipo de sustancias habituales en la cocina, especialmente las que son dulces. Como el experimento ya está planteado en contexto culinario, el único aparato más cotidiano que podría sustituir los que ya se utilizan sería un colador en lugar del embudo con papel de filtro, como fue sugerido por un grupo de chicas con las que estuve discutiendo el experimento mientras lo hacían.

Ya hemos comentado la sorpresa y los problemas que planteó el uso del vinagre, en lugar del limón. Algunos chicos no entendieron la sustitución de una sustancia por otra y dicen: "En nuestro experimento, hemos tenido que sustituir el limón por el vinagre, lo que puede provocar alguna alteración en la realización del experimento", o bien: "Hemos tenido una dificultad muy grave, no teníamos limón y hemos tenido que hacerlo con vinagre". Hay una confusión entre no haber traído el limón, un hecho penalizado por no cumplir con las responsabilidades individuales que tiene cada cual en el grupo, con introducir una modificación en la sustancia a utilizar.

Un último aspecto que nos permite saber si hubo lectura creativa viene indicado por el entusiasmo de algunos grupos en realizar el experimento en casa, como merienda. Un alumno comenta: "Seguramente esta receta más de algún alumno la realizará en su casa".

## 6. ALGUNAS IDEAS GENERALES

He intentado analizar el experimento desde el punto de vista de la competencia lectora del alumnado y a lo largo del análisis creo percibir que ellas y ellos no sólo leen el guión de la práctica, sino que también leen los materiales que utilizan: la caja de leche comercial (marca comercial, color, aditivos,...) que llama su atención, y los instrumentos (el termómetro y el papel de filtro en este caso). Dos chicas apuntan en su informe que la leche llevaba un estabilizador E-451 que la da un color amarillento

En resumen, podemos decir que hay un par de chicos y una chica que sólo hace una lectura literal del experimento, es decir se limitan a repetir el guión. El resto del alumnado se sitúa entre en los niveles de lectura inferencial y evaluativo, dado que hacen una explicación del fenómeno o llegan a algunas conclusiones.

De todas formas, no se da una correlación entre los niveles de lectura y la significatividad en la construcción del modelo de cambio químico. La lectura lineal es un requisito previo para hacer el experimento y avanzar en la construcción del modelo de cambio químico, pero eso no quiere decir que aquéllos que sólo hacen una lectura literal del experimento no avancen en el proceso de construcción del modelo de cambio químico. El proceso de aprendizaje del modelo de cambio químico es largo y tiene varios caminos para avanzar: la vía experimental no es la única. La lectura inferencial en el alumnado, especialmente la elaboración de conclusiones con relaciones de causa -efecto no se corresponde siempre con el progreso en el proceso de modelización del cambio químico, ya que también puede presentarse en chicos y chicas con dificultades para comprender el cambio químico. Por ejemplo, una chica sin modelo de cambio químico escribe: "Hemos conseguido separar el requesón del suero, el limón hace que la leche se corte."

El análisis de la competencia lectora del alumnado frente al experimento del requesón es útil también para el profesorado, pues correlaciona de alguna forma con el resultado de la transposición didáctica o con la secuencia didáctica en la que está incluido el experimento. La mayoría del profesorado considera que el experimento de requesón es difícil para su comprensión, en una clase de 4º de ESO. El profesorado de

Biología lo explica como un cambio de estructura y en clase de Química lo aproximamos a un cambio químico ya que en la reestructuración de las proteínas se forman nuevas sustancias. Los resultados obtenidos analizando la competencia lectora del alumnado nos permiten afirmar que no presenta más dificultad que un experimento tradicional de laboratorio como la oxidación del hierro, donde se formen distintos tipos de óxidos y en clase se simplifica como óxido de hierro (III).

**REFERENCIAS**


1. I. Solé. *Aula de Innovación Educativa*, **2005**,620, 22-27.
2. A. Marbà, N. Solsona y M. Izquierdo. Análisis de textos para la competencia lectora de los estudiantes de Ciencias, *XXI Encuentros sobre Didáctica de las Ciencias Experimentales*, San Sebastián (2004).
3. M. Izquierdo y N. Sanmartí. El lenguaje y la experimentación en las clases de Química, en *Aspectos didácticos de Física y Química (Química) 11,* ICE Universidad de Zaragoza, Zaragoza (2003).
4. N. Solsona *El saber científico de las mujeres*. Madrid, Talasa (2003).
5. N. Solsona, *La cocina, el laboratorio de la vida cotidiana*, en G. Pinto (ed.) *Didáctica de la Química y Vida Cotidiana*, Sección de Publicaciones de la E.T.S. Ingenieros Industriales de la UPM, 57 – 66, Madrid (2003).
6. J. Wilson, I. Chalmers, *J. Chem. Educ.*, **1988**, Vol. 85, 11, 996-999.
7. N. Solsona, M. Izquierdo, O. De Jong, *Int. J. Sci. Ed.*, **2003**, Vol. 25, 1, 3-12.

# QUÍMICA COTIDIANA: UN PROYECTO PARA LA ENSEÑANZA DE UNA QUÍMICA CONTEXTUALIZADA EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA

***Aureli Caamaño [1], Josep Corominas [2], Marta Segura [3], Teresa Ventura [4]***
[1] IES Barcelona-Congrés, Barcelona. acaamano@pie.xtec.es
[2] Escola Pia de Sitges. jcoromi6@pie.xtec.es
[3] Escola Pia, Barcelona. msegur2@pie.xtec.es
[4] IES Fort Pius, Barcelona. mventu34@pie.xtec.es
Grupo "Química cotidiana", Programa de Formación para la Enseñanza de las Ciencias, Centro de Documentación y Experimentación en Ciencias y Tecnología
Passeig de la Vall d'Hebron, 64-70. 08023 Barcelona.

*La finalidad principal del proyecto "Química cotidiana" es mostrar cómo se pueden contextualizar gran parte de los contenidos de Química de la educación secundaria obligatoria (ESO) a través del estudio de las sustancias y de los materiales de la vida cotidiana, una opción que implica un enfoque de la enseñanza de la Química desde una perspectiva de alfabetización científica y de una Ciencia para la ciudadanía. Este proyecto forma parte de un conjunto de proyectos de innovación en ciencias realizados en el marco del Programa de Formación para la Enseñanza de las Ciencias que se está desarrollando en el Centro de Documentación y Experimentación en Ciencias y Tecnología del Departamento de Educación de la Generalitat de Cataluña.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Se pretende el desarrollo de materiales didácticos sobre la química cotidiana, es decir, sobre las propiedades, la obtención y las aplicaciones de las sustancias, los productos químicos y los materiales de la vida cotidiana. En una primera fase nos hemos propuesto explorar las posibilidades didácticas que ofrecen los alimentos y las bebidas en el primer ciclo de la ESO, y los fármacos presentes en un botiquín, los productos de la limpieza y los envases y embalajes, en el segundo ciclo de la ESO.

El proyecto se ha iniciado con el diseño de una serie de secuencias de actividades de enseñanza-aprendizaje sobre los temas siguientes: Alimentos, Bebidas, Fármacos, Productos de limpieza y Envases y materiales de embalaje. Los dos primeros permiten una introducción de los conceptos de disolución y dispersión; los dos siguientes una introducción a muchos aspectos de la reacción química, y el último, al estudio de diversos materiales.

Para la elaboración de estas secuencias se han consultado diferentes materiales, libros, proyectos y artículos de una filosofía similar a la de nuestro proyecto (1-31) y actas de seminarios y jornadas sobre este tema (32).

Los puntos clave que se han tenido en cuenta para elaborar las secuencias son:

- Decidir el contexto (situaciones cotidianas, aplicaciones, problemática social, contexto histórico, etc.) a partir del cual construir el hilo conductor de la secuencia.
- Establecer las cuestiones claves que se querían abordar.
- Tener en cuenta las dificultades conceptuales de aprendizaje que comportan los contenidos que se estudian y las concepciones alternativas de los estudiantes.
- Facilitar el aprendizaje de los estudiantes a través de una secuencia de actividades bien estructurada.

Las características de las secuencias que se han elaborado son las siguientes:

- perspectiva de alfabetización científica
- contextualización CTS (Ciencia-Tecnología-Sociedad).
- importancia de la comprensión de los fenómenos y de los procesos de modelización
- énfasis en las actividades de comunicación
- énfasis en el trabajo experimental investigativo
- uso de las tecnologías de la información y de la comunicación
- valoración del trabajo cooperativo
- atención a la diversidad de motivaciones e intereses de los alumnos y alumnas.
-

Las secuencias se han diseñado con la siguiente estructura de actividades de aprendizaje (33):

- actividades de iniciación, con el doble objetivo de exploración de las ideas del alumnado y de presentación de los objetivos de la secuencia.
- actividades de introducción de los contenidos y de reestructuración de conocimientos de los estudiantes (interpretación, experimentación, modelización, aplicación, etc.).
- actividades de recapitulación a lo largo de la secuencia.
- actividades de síntesis final.
- actividades de aplicación en nuevos contextos.

Estas secuencias se han experimentado durante los cursos 2003-04 y 2004-05, con el objetivo de poder disponer de una propuesta didáctica de base para los Seminarios de innovación en Ciencias que se iniciarán el curso próximo, dentro del Programa de Formación para la enseñanza de las Ciencias del CDECT de Cataluña.

**2. SECUENCIAS DIDÁCTICAS**

A continuación presentamos brevemente los contenidos y actividades de cada una de las secuencias.

### 2.1. Los alimentos

Los hábitos alimentarios varían según las épocas por razones diversas. Actualmente podemos decir que la Ciencia y la Tecnología tienen la clave para la producción y el control de alimentos para toda la humanidad. De aquí que sea tan importante el conocimiento de los alimentos y de sus procesos de obtención, conservación y manipulación. Esta secuencia didáctica pretende comprender que la mayoría de los alimentos son dispersiones y las reacciones químicas se llevan a cabo cuando se cocinan.

Las actividades de la secuencia incluyen la clasificación de los alimentos que componen un almuerzo y de los que se conservan en una nevera, un estudio de los productos lácteos, de los cereales y de las confituras. En otras actividades se estudia la composición química de los alimentos y se realizan pruebas identificatiorias de los grupos funcionales que hay en los alimentos. Por último se analizan los diferentes procesos fisicoquímicos que intervienen en las diferentes maneras de cocinar los alimentos.

### 2.2. Las bebidas

Las bebidas constituyen un conjunto de productos cotidianos de gran incidencia en nuestra vida. Estudiando las bebidas podemos abordar en las clases de Química un gran abanico de conceptos como los de mezcla, solución, solubilidad, dispersión, etc. y a la vez tratar una serie de aspectos relacionados con el consumo, la salud y la tecnología.

A partir de diferentes bebidas comerciales se intenta hacer una clasificación de las bebidas (aguas, carbónicas / no carbónicas, alcohólicas / no alcohólicas, infusiones, de frutas, etc.). Mediante la observación de las etiquetas de diferentes bebidas se identifican los diferentes componentes de las bebidas y los aditivos que contienen: colorantes, conservantes, antioxidantes, estabilizantes, emulsionantes, a través del conocimiento de sus códigos. En las bebidas carbónicas se identifica el gas que contienen y se estudia la variación de la solubilidad del dióxido carbono con la temperatura. También se fabrica una bebida carbónica mediante reacción de “bicarbonato” de sodio y de zumo de limón. Se preparan bebidas de plantas, como el café, mediante la técnica de arrastre por vapor, y por infusión, decocción y aceración. También se investiga el efecto de la temperatura en las infusiones y se realiza una experiencia de extracción de la cafeína del café. Por último, se aborda el estudio de las bebidas alcohólicas, que se pueden preparar por fermentación (cmo el vino y el cava) o por destilación (güisqui, orujo, etc.). Se calcula la cantidad de alcohol que contienen bebidas alcohólicas a partir de su graduación (vino, cerveza, etc.) y se determina el grado alcohólico de un vino mediante una destilación fraccionada. Finalmente, se hace un debate sobre los efectos del alcohol sobre el organismo.

## 2.3. Los fármacos

Esta secuencia didáctica pretende estudiar los productos que se encuentran en el botiquín de una casa o de la escuela. El estudio de estos fármacos permite trabajar conceptos químicos como el de solución, dispersión y reacción química.

Se inicia la secuencia clasificando los fármacos que hay en un botiquín. Muchas de estas sustancias se encuentran en forma de emulsiones, espumas o geles. Se investiga si el agua oxigenada es una sustancia pura y si se trata de una sustancia simple o de un compuesto. También se investiga la influencia de los catalizadores en la reacción de descomposición del agua oxigenada. Se vuelve sobre la clasificación de los fármacos existentes, esta vez desde el punto de vista de si son antisépticos, antiácidos o analgésicos Así se clasifica el *Betadine* y el agua oxigenada como un antiséptico, el bicarbonato de sodio como un antiácido y la aspirina como un analgésico. Observamos también que el alcohol se utiliza como antiséptico, a la vez que hemos visto que forma parte de las bebidas alcohólicas. A continuación se hace un recorrido por la Historia para conocer las diferentes formas en que se han utilizado las plantas medicinales. Se introduce el concepto de principio activo de un medicamento y se estudia cómo se sintetizan actualmente los medicamentos en el laboratorio. Por último, se realiza un debate sobre las precauciones que deben tenerse en cuenta cuando se toma un medicamento y sobre la importancia de leer y ser consciente de la información que contiene el prospecto.

## 2.4. Los productos de la limpieza

Ir limpios, llevar ropa limpia y mantener limpia la casa donde vivimos es una exigencia social y de salud. En esta secuencia didáctica nos preguntamos cómo se limpia, cómo actúan los jabones y los detergentes, y qué composición tienen. A través de las actividades diseñadas se pueden introducir y estudiar conceptos como los cambios de fase, la solubilidad de las sustancias, las reacciones químicas y la relación entre la estructura y las propiedades de las sustancias.

Se investiga cómo poder disolver manchas de diferentes tipos con diferentes tipos de disolventes. Se estudia la acción blanqueante de la lejía. Se investiga cómo actúan y cómo se fabrican los jabones y los detergentes. También se investiga qué es lo que confiere "dureza" al agua y cómo podemos eliminarla. Se compara cuáles son las ventajas e inconvenientes de los detergentes respecto de los jabones. Se analiza cuál es la composición química de un detergente: tensoactivos, blanqueadores, enzimas, etc. Por último, se estudian experimentalmente las propiedades ácidas o básicas de muchos productos de limpieza.

## 2.5. Los envases y los materiales de embalaje

Es evidente que nuestra actividad cotidiana genera una gran cantidad de residuos procedentes de envases y de embalajes con los que se nos presentan los alimentos, las bebidas, los productos de limpieza, los fármacos, los electrodomésticos y tantos otros objetos que se encuentran en nuestra sociedad de consumo. No es necesario ser un

gran observador para darse cuenta de la gran variedad de materiales con que están hechos estos envases y embalajes. La selección de un tipo u otro de material para fabricarlos responde a la disponibilidad y precio de las materias primas, y muy especialmente a las propiedades y usos de estos materiales: plásticos, vidrio, metales, cerámica, papel, cartón, etc.

Podemos disponer fácilmente de una amplia muestra de estos materiales en clase o en el laboratorio a partir de los envases y embalajes que los alumnos pueden encontrar en sus propias casas. Con ellos podemos desarrollar toda una serie de actividades de observación, clasificación y de análisis de las propiedades físicas y químicas de los materiales de que están constituidos e intentar relacionar sus propiedades con su estructura interna. También es muy importante realizar en relación con los envases y embalajes un debate sobre la limitación de los recursos materiales, del coste energético para obtenerlos y transformarlos, y de los problemas que generan los residuos, así como de la importancia cada vez mayor de una recogida selectiva de éstos.

## 3. CONSIDERACIONES FINALES

Las secuencias didácticas descritas, una vez experimentadas y revisadas, creemos que nos han de permitir avanzar en la elaboración de una propuesta contextualizada del currículum de Química en la ESO a partir del estudio de los productos de la vida cotidiana, teniendo presente la necesidad de educar a través de la Ciencia para adquirir una cultura científica, crear hábitos de salud, formar una conciencia ciudadana, ser capaces de opinar y participar en la toma de decisiones, ser conscientes de la necesidad de un mundo sostenible y actuar en consecuencia (34, 35). Es intención del grupo de "Química Cotidiana" ampliar en un futuro próximo las secuencias didácticas elaboradas, abordando temas como los cosméticos, los perfumes, los colorantes, los tintes y pigmentos, los fertilizantes, etc.

## REFERENCIAS

1. E. Albadalejo, *La química de la cuina,* Edicions La Magrana, Barcelona (1989).
2. E. Bueno, *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de la Ciencia*, **2004**, Vol. 1 (1), 45-51.
3. X. Duran, M.D. Martínez, *La química de cada día*, Enciclopèdia Catalana, Barcelona (1989).
4. J. Emsley, *Guide des produits chimiques à l'usage du particulier*. Editions Odile Jacob. París, 1996.
5. J.Emsley, *Moléculas en una exposición. Retratos de materiales interesantes en la vida cotidiana.*, Península, Barcelona (2000).
6. Grupo Quimesca, *Las bebidas. Café, te y chocolate*, Centro de Profesores de Málaga (2001).
7. Grup Martí i Franquès, *¿Eso es química?,* Alhambra, Madrid (1988).

8. J.W. Hill, D.K Kolb, *Química para el nuevo milenio*, cap. 17: Productos químicos para el hogar, Prentice Hall, México (1999).
9. Nuffield Foundation, *Nuffield Co-ordinated Science. Chemistry*. Topic 3, Chemical in our homes, Longman (1988).
10. Science Education Group, *Chemistry. The Salters' Approach*, Heinemann, Oxford (1989).
11. Science Education Group, *Science. The Salters' Approach*, Heinemann, Oxford (1990).
12. B. Selinger, *Chemistry in the market place*, John Murray, London (1989).
13. C.H. Snyder, *The Extraordinary Chemistry of Ordinary Things*, 3ª ed., John Willey, London (1998).
14. VVAA, *Química quotidiana*, *Guix*, **1995**, Vol. 218, 5-43.
15. N. Solsona, *La química de la cocina*, Cuaderno de Educación no sexista, n.13. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Instituto de la mujer, Madrid (2002).
16. H. This, *Les secrets de la casserole*, Ed. Belin, París (1993).
17. H. This, *Casseroles et éprouvettes*, Ed. Belin, París (2002).
18. E. Vivas, *Alambique*, **2001**, Vol. 69, 69-76.
19. M. R. Jiménez, M.A. Sánchez, E. de Manuel, *Alambique*, **2001,** Vol. 28, 53-62.
20. A. Oñorbe (coord.), Monográfico: La química cotidiana, *Alambique*, **2001**, Vol. 28, 53-83.
21. R. del Cid, A. Criado, *Alambique*, **2001**, Vol. 28, 77-83.
22. C.I. Salas, Els perills que comporta una bona neteja, *NPQ*, **2002**, Vol. 411, 15-17.
23. G. Salazar, C. García, *Importancia del buen uso y manejo de los productos químicos en el hogar*, en G. Pinto (ed.), *Didáctica de la Química y vida cotidiana*, Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la U.P.M., Madrid (2003).
24. A. Caamaño, M.T. Puigvert, R.M. Melià, M.A. Llavería, J. Corominas, *Química cotidiana a través de la Química Salters: la química del color y la química de las medicinas*, en G. Pinto (ed.), *Didáctica de la Química y vida cotidiana*, Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la U.P.M., Madrid (2003).
25. Grup Salters, *Química dels medicaments*, Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya. Barcelona (2003).
26. R. Rubio, *Alambique*, **2003**, Vol. 38, 33-41.
27. Agència Metropolitana de Barcelona, *Els envasos a la vida quotidiana*, Àrea Metropolitana de Barcelona, Entitat del Medi Ambient, Agència Metropolitana de residus, Barcelona (2003).
28 C. Mans, *Perspectiva Escolar*, **2003**, 277, p. 2-18.
29. VVAA, *Perspectiva Escolar*, **2003**, Vol. 277, 2-57.
30. C. Mans, Flams. *Noticies per a Químics* (NPQ), **2004**, Vol. 420, 5-11.
31. VVAA, *Alambique*, **2005**, Vol. 43, 103.
32. G. Pinto (ed.), *Didáctica de la Química y vida cotidiana*, Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la U.P.M., Madrid (2003).

33. A. Caamaño, R. Grau, Elaboració, experimentació i revisió d'una seqüència didàctica, en AAVV. *Ciències Experimentals. Material de suport. Formació adreçada a centres. ESO.* Departament d'Ensenyament, Generalitat de Catalunya, Barcelona (1995).
34. A. Caamaño, *Revista del Col·legi Oficial de Doctors i Llicenciats en Filosofia i Lletres i en Ciències de Catalunya,* **2004**, Vol. 122, 13-29.
35. J. Corominas, E. Beal, L. Calvo, A. Caamaño, M. Segura, T. Ventura, I. Gomis, Química quotidiana: un projecte per a l'ensenyament de la química contextualitzada a l'ESO, *Perspectivas Ciência-Teconologia-Sociedade na inovação da Educação em Ciência,* Actes del III Seminari Ibèric CTS en l'Ensenyament de les Ciències. Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa, Universidade de Aveiro (2004).

# EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO Y FUNCIONAL: UNA HERRAMIENTA METODOLÓGICA EN LA FÍSICA DE SEGUNDO DE BACHILLERATO

***Ángel de Andrea González*** [1]***, Ana Gómez Gómez*** [2]
[1] IES Carpe Diem, Álvarez Laviada, 3. 28370 Chinchón. andreaglez@vodafone.es
[2]IES Sefarad, Camino del Molino, 3. 28944 Fuenlabrada.
agomeygomez@yahoo.es

*El objetivo del presente trabajo es exponer una metodología en la enseñanza de la Física de 2º de bachillerato basada en un aprendizaje significativo y funcional, todo ello fruto de nuestra labor docente en el aula. Hemos podido comprobar que una metodología de estas características favorece la motivación del alumnado frente a la citada asignatura, que no está exenta de cierta complejidad.*

## 1. INTRODUCCIÓN: EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

El origen del aprendizaje significativo hay que situarlo en la década de los sesenta, cuando D. P. Ausubel lo acuñó para definir lo opuesto al aprendizaje repetitivo (1). Para este autor y para sus seguidores, la significatividad del aprendizaje se refiere a la posibilidad de establecer vínculos sustantivos y no arbitrarios entre lo que hay que aprender, el nuevo contenido y lo que ya se sabe, lo que se encuentra en la estructura cognitiva de la persona que aprende (sus conocimientos previos). Este aprendizaje está ligado inherentemente al aprendizaje funcional. Se entiende que un aprendizaje es funcional cuando la persona que lo ha realizado puede utilizarlo efectivamente en la situación concreta para resolver un problema determinado. Ahora bien, un aprendizaje significativo requiere de tres condiciones:

A) Que el material sea potencialmente significativo. Es decir, se trata de que la información, el contenido que se propone, sea significativo desde el punto de vista de su estructura interna, que sea coherente, claro y organizado, no arbitrario ni confuso.

B) Que el alumnado disponga del bagaje indispensable para efectuar la atribución de significados que caracteriza el aprendizaje significativo. Esto es, que el alumnado, además, disponga de los conocimientos previos pertinentes que le van a permitir abordar el nuevo aprendizaje.

C) Una actitud favorable del alumnado frente al aprendizaje significativo.

## 2. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS DE APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO Y FUNCIONAL

Una de las mayores dificultades con las que se encuentra el alumnado ante la Física de 2º de bachillerato es, además del aparato matemático inherente a este asignatura, el nivel de abstracción para comprender los conceptos físicos. Nuestra experiencia pone de manifiesto que los resultados académicos mejoran notablemente si estos contenidos se relacionan con fenómenos físicos que ocurren en la vida

cotidiana, que son susceptibles de explicarse cualitativamente (2,3,4). Por todo ello, en la secuenciación de cada una de las unidades didácticas en el aula, es conveniente finalizar la explicación de cada epígrafe con una aplicación practica de los fenómenos físicos expuestos, utilizando una herramienta metodológica denominada *¿para qué sirve esto?* (5,6).

A modo de ejemplo, hemos seleccionado algunas de estas aplicaciones dentro del currículo oficial.

### 2.1. Aspectos didácticos del fenómeno de la difracción de las ondas

En relación a la difracción de las ondas electromagnéticas es interesante plantear a los alumnos el mayor alcance de las ondas de radio frente a las de TV. Esto se debe a que las ondas de radio tienen una longitud de onda del orden del tamaño de montañas y cordilleras, difractándose y aumentando su "alcance". Las de TV, tienen longitudes de ondas más pequeñas y son detenidas por éstas. Por otro lado, y en relación a las ondas sonoras, es importante recalcar que las rejillas agujereadas que presentan los altavoces no se utilizan para protegerlos del polvo, sino para difractar el sonido, y hacer posible que éste, al viajar en todas las direcciones, llegue a todos los puntos de una habitación. En algunas salas de conciertos, al quitar las telas de araña que difractaban el sonido, se ha comprobado una merma en la audición.

### 2.2. Aspectos significativos del concepto de fuerza eléctrica

Es necesario insistir al alumnado que las fuerzas eléctricas atractivas son las responsables del comportamiento de una amplia gama de productos comerciales. Por ejemplo, el material de las lentes de contacto blandas está hecho de moléculas que atraen eléctricamente las moléculas de proteína en las lágrimas humanas. Estas moléculas son absorbidas por el material de las lentillas de tal forma que éstas están compuestas sobre todo de lágrimas del usuario: éste no percibe las lentes como un objeto extraño y resultan ser más cómodas que las lentes de contacto rígidas. Relacionado con lo anterior se podría indicar que algunos tipos de maquillaje incorporan sustancias que son atraídas eléctricamente por la piel provocando que los pigmentos permanezcan en su lugar una vez aplicados.

### 2.3. Utilidad del Concepto de campo electrostático

Apelando a la interdisciplinariedad del aprendizaje, una aplicación interesante del concepto de campo electrostático lo tenemos en los tiburones: estos son sensibles a pequeñísimos campos electrostáticos producidos por las cargas de un cuerpo (por ejemplo un pez). De esta forma pueden detectar peces que se pudieran hallar escondidos en el mar.

### 2.4. Aspectos didácticos de los conductores metálicos en equilibrio electrostático

Caben mencionarse las siguientes aplicaciones:

• En el pararrayos tipo Franklin (inventado por dicho científico en 1752), por ser un conductor metálico terminado en punta, se acumula un exceso de electrones que suben de tierra por un cable y que son inducidos por la carga positiva de las nubes. Debido a la fuerte repulsión entre ellos, escapan hacia las nubes (viento eléctrico), neutralizando así su carga positiva y evitando una descarga eléctrica.

• Las capacidad de los conductores de “bloquear” los campos eléctricos externos se utiliza muy frecuentemente. Este principio de blindaje o apantallamiento electrostático se utiliza para proteger los componentes electrónicos de los circuitos de la influencia nociva de campos eléctricos externos, encerrándose éstos en cajas metálicas pequeñas que actúan como jaulas de Faraday. No es necesario que las paredes del conductor formen una envoltura continua, basta simplemente con un enrejado (como una tela metálica), de ahí viene el nombre de Jaula de Faraday.

• Muchos de los cables de cobre de los equipos de alta fidelidad, para evitar interferencias de campos eléctricos externos, están rodeados por una cubierta de cobre entrelazado. Los automóviles y los aviones, al ser métálicos, actúan como jaulas de Faraday, y protegen a sus ocupantes de los rayos.

**2.5. Campo magnético y materiales magnéticos**

Se ha descubierto que las aves migratorias y palomas mensajeras son capaces de detectar el campo magnético terrestre y orientarse con él debido a que poseen en su cerebro magnetita que actúa como una brújula. Lo mismo les sucede a delfines, atunes, murciélagos, abejas y bacterias. En 1992 se descubrió que el cerebro humano contiene también magnetita.

En el proceso de grabación de una cinta de vídeo o de cassette, la cinta que es ferromagnética, pasa sobre una cabeza grabadora (electroimán) que con su campo magnético orienta las dipolos magnéticos (pequeños imanes) en una determinada dirección y sentido según la corriente que pasa por el electroimán. Así también se magnetizan las cintas magnéticas de las tarjetas de crédito. ¿Por qué no es conveniente colocar estos objetos cerca de altavoces o de cierres magnéticos de algunos bolsos? Sencillamente porque el campo magnético creado por un altavoz o por un cierre magnético cambia la orientación de los dipolos magnéticos en la cinta magnética, perdiéndose la información almacenada, que depende de la orientación de los dipolos.

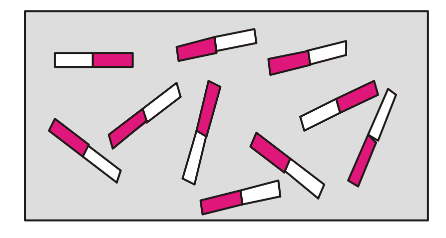




Figura 1. *Cinta magnética virgen.*

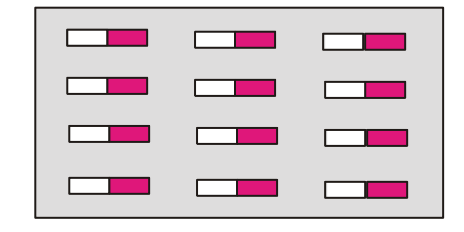


Figura 2. *Cinta magnética magnetizada.*

**2.6. Espectro electromagnético**

En relación a la radiación ultravioleta (UV) sería de interés señalar que, en verano, al haber más horas de sol, el acné de los adolescentes disminuye por la acción bactericida de la radiación ultravioleta. Por la misma razón, las personas afectadas de psoriasis (enfermedad de la piel de origen desconocido) experimentan mejoría. En cuanto a las medidas de protección de la radiación ultravioleta, es interesante hacer conocer al alumnado que usar gafas de sol que no bloquean la radiación UV es peor para los ojos que no usarlas. Las lentes de cualquier tipo de gafas absorben radiación visible, lo que provoca que la pupila del usuario se dilate; en consecuencia si las gafas no filtran la radiación ultravioleta ésta daña el cristalino. Por el contrario, si no se utilizan gafas de sol, las pupilas están contraídas y entra poca radiación UV.

Es interesante comentar que el monitor de un ordenador o un televisor no son peligrosos para la vista porque sólo emiten luz visible, aunque por tener fija la vista pueden producir fatiga en los ojos. Por ello son recomendables los filtros que dan a la imagen tonos más suaves, aparte de disminuir la sensación de rayado de la misma.

**2.7. Reflexión de la luz. Reflexión interna total: ángulo límite.**

La reflexión explica porqué los bombones, y también determinados caramelos, se envuelven en papel plateado. El papel plateado refleja la luz visible o la radiación infrarroja, ambas provenientes del exterior, evitando que, por la absorción térmica, se eleve la temperatura del bombón o del caramelo. En esta línea de razonamiento se puede explicar el principio del termo Dewar: la superficie plateada hace que se produzca la reflexión especular, confinando la radiación infrarroja en el interior del mismo.

La reflexión interna total explica porqué la fibra óptica permite guiar la luz y transmitir información al entrar luz por un extremo de un tubo de vidrio o plástico formando un ángulo pequeño con él (ángulo límite). Los "pelos" de raíces de las plantas transmiten así la información sobre la profundidad del suelo. La iluminación de determinadas fuentes y piscinas también se fundamenta en el fenómeno de la reflexión interna.

Otra aplicación de este fenómeno es el refractómetro que nos permite medir el índice de refracción de un líquido al incidir la luz con el ángulo límite. Consiste en un bloque de vidrio con una parte superior pulida y una pequeña célula en su lado posterior para muestras líquidas.

**2.8. La contracción relativista de la longitud**

Los alumnos han de tener presente que los efectos relativistas de la longitud son importantes en la construcción de un microscopio electrónico. La potencia de enfoque de la "lente" debe incluir la corrección relativista de longitud y evitar errores. Se trata de observar que este hecho se produce a velocidad $v \sim c$ y que la mayoría de los

sucesos que ocurren en la vida cotidiana se explican mediante las leyes de Newton que siguen siendo válidas.

### 2.9. El cuerpo negro y la hipótesis de Planck

La teoría sobre el cuerpo negro nos permite explicar el color negro de la pupila del ojo; la pupila actúa de manera similar a un cuerpo negro, absorbiendo la radiación visible que le llega.

La ecuación de Planck establece que la energía de un fotón es directamente proporcional a su frecuencia, siendo la constante de proporcionalidad la constante de Planck. Esta ecuación nos permite explicar porqué en el cuarto oscuro para el revelado de las fotografías, se utiliza luz roja: esto se debe a que los fotones de la luz roja, de mayor longitud de onda y menor frecuencia, son menos energéticos y no velan el negativo. Los fotones de la luz azul si lo velarían, ya que son más energéticos

### 2.10. Inducción mutua

Cuando en las proximidades de un circuito que produce un flujo magnético variable colocamos otro, siendo atravesado por dicho flujo, observamos que en éste último aparece una fuerza electromotriz inducida que será variable en el tiempo; la intensidad inducida también será variable en el tiempo, lo que origina en el primer circuito una fem inducida por el segundo. Cada circuito induce en el otro una fuerza electromotriz. Este fenómeno se denomina inducción mutua.

El fenómeno de la inducción mutua tiene aspectos didácticos de interés:

- Ciertos marcapasos se activan exteriormente mediante inducción mutua. El flujo magnético de una bobina exterior atraviesa otra colocada en el marcapasos situado en el corazón. La ventaja frente a los marcapasos de pilas es que no es necesaria intervención quirúrgica para sustituir pilas al gastarse.
- Los cargadores inalámbricos de los teléfonos móviles tienen un solenoide que induce una corriente en la bobina del teléfono, que es la que carga el teléfono.
- En los circuitos de electrónica el cableado se halla retorcido entre sí para compensar, al variar la orientación, las inducciones mutuas de unos cables con otros, lo que podría originar parásitos o ruidos de fondo.

### 2.11. Autoinducción

No habría que pasar por alto que los materiales magnéticos pueden alterar la inductancia de una bobina. Por ello, para controlar los semáforos en las intersecciones de tráfico se entierran en el pavimento bobinas planas. Al pasar un coche sobre ellas, el hierro de su carrocería modifica la inductancia de la bobina, produciéndose el cambio en el semáforo.

### 2.12. Extracorrientes de cierre y apertura

Las extracorrientes de apertura explican las chispas que se producen al desenchufar cualquier electrodoméstico. Por otro lado, las bobinas de choque o de

inducción, también llamadas carretes de *Ruhmkorff*, son unos dispositivos que poseen una inductancia muy grande produciendo extracorrientes de apertura considerables, que dan lugar a altos voltajes. El encendido de los tubos fluorescentes se debe a la acción de estas bobinas. Siguiendo esta línea de razonamiento se puede explicar porqué en el sistema de encendido de los automóviles de gasolina, al interrumpir bruscamente la corriente de la batería que alimenta la bobina de encendido (bobina de inducción), se produce un voltaje de 10.000 V en los electrodos de un bujía; voltaje que produce la chispa que inflama la mezcla de aire y gasolina en el carburador.

## 3. CONCLUSIÓN

Desde un punto de vista de un aprendizaje significativo, funcional e interdisciplinar, la explicación en el aula de fenómenos físicos típicos que ocurren en la vida cotidiana, aparte de mejorar notablemente el aprendizaje de la Física, induce en el alumnado un cierto interés en la asignatura en cuestión, así como una mejora en su capacidad de razonamiento.

## REFERENCIAS

1. D. P. Ausubel, J. D. Novak and H. Hanesian, *Educational psychology: A cognitive view*, 2nd. Ed., New York, Holt, Rinehart and Winston (1978).
2. J. Aguilar y F. Senent, *Cuestiones de Física*, Ed. Reverté, Barcelona (1994).
3. A. Frova, *Por qué sucede lo que sucede*, Ed. Alianza, Madrid (1995).
4. J. Walter, *Física Recreativa*, Ed. Limusa, México (2003).
5. I. Piñar, A. de Andrea y A. Gómez, *Física de 2º de Bachillerato*. *Libro del alumno*., Ed. Edelvives, Madrid (2003).
6. I. Piñar, A. de Andrea y A. Gómez, *Física de 2º de Bachillerato*. *Libro del profesor*, Ed. Edelvives, Madrid (2003).

# CAMBIO QUÍMICO (CASI) SIN PALABRAS PARA ALUMNOS NO HISPANOHABLANTES

***Emiliano González Izquierdo*** [1]**,** ***Paloma González del Barrio*** [2]
[1] IES Santo Domingo de Guzmán, Plaza Sto. Domingo s/n 09340 Lerma, Burgos
eglezi@terra.es
[2] IES Conde Diego Porcelos, Eloy García de Quevedo s/n, 09006 Burgos
pglezb@terra.es

*El lenguaje cotidiano y el contexto cultural pueden derivar en interpretaciones parciales o erróneas de los conceptos científicos, y esto puede agravarse en el caso de que los receptores sean extranjeros. Trataremos, en este trabajo, de las estrategias a utilizar en la enseñanza del cambio químico para extranjeros, cuidando en particular los ejemplos y el lenguaje utilizado, la forma de plantear las preguntas y el orden de las mismas.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Como consecuencia de la inmigración a nuestro país, de personas procedentes de países y culturas muy distintas a la nuestra, se requiere, aparte de la metodología utilizada habitualmente, introducir en el aula un proceso instructivo que trascienda el meramente lingüístico.

Los textos científicos contienen, frecuentemente, una gran cantidad de información, ocupando un papel importante lo que está explicito y sobreentendido, ya que se pretende dar mucha información de manera concentrada (1). Por otro lado, el lenguaje científico impone una serie de tecnicismos y la utilización de un código más o menos heterogéneo, normalizaciones, elementos gráficos, símbolos no lingüísticos, etc. Es bastante biunívoco, cada significante remite a un sólo concepto, aunque no está exento de términos polisémicos. En este sentido, se intentará superar la dificultad que presentan las distintas lenguas naturales para la expresión de contenidos científicos a causa de la polisemia, sinonimia, homonímia, ambigüedades y valores subjetivos contenidos en las frecuentes connotaciones lingüísticas, centrándonos en el cambio químico (2).

Es nuestra intención proponer actividades claras y precisas, cuidando los ejemplos y su modo de plantearse. Se intentarán evitar ejemplos que presenten ambigüedad o que, por falta de adecuación a la situación, puedan poner en peligro el éxito de la comunicación.

De la gran cantidad de información didáctica que existe referente al cambio químico, extraemos, a continuación, aquellos aspectos que nos han parecido de mayor interés.

En primer lugar, destacamos, los principales errores y problemas (3) que los alumnos cometen y sobre los que se insistirá en las actividades:

- No tienen en cuenta los cambios en los valores de las propiedades características, que supone la identificación de los reactivos y los productos.
- Escasa y deficiente utilización de la Ley de conservación de la masa.
- Dificultades en la utilización de la Ley de Proust.
- Dificultades para dominar la operación de proporcionalidad y distinguir la cantidad de sustancia que reacciona respecto a la que se pone en reacción.

En segundo lugar, hemos tenido en cuenta los distintos niveles de explicación de los conceptos científicos (3), respecto a los cuales hemos establecido también distintos niveles en las actividades:

- Nivel descriptivo y funcional: En este nivel podemos ver y tocar los materiales y describir sus propiedades en términos de color, peso, etc. Pueden estudiarse los cambios químicos como los procesos en los que se da la conversión de un material en otro con la consiguiente variación de las propiedades características.

- Nivel representacional: En el que representamos las sustancias químicas por sus fórmulas y los cambios químicos por ecuaciones. Aquí distinguiremos entre el modelo científico y los hechos que explican.

- Nivel explicatorio: Nivel atómico y molecular en el que se intenta explicar el comportamiento de las sustancias químicas en base a unos modelos de complejidad creciente. Aquí nos ayudaremos de gráficos e incluso de modelos tridimensionales para hacer más comprensible la utilización del modelo atómico en la explicación de los cambios químicos y de la naturaleza de la materia.

En tercer lugar, hemos tenido en cuenta que los contenidos que implican un enfoque ciencia-tecnología-sociedad resultan más motivadores para los alumnos (4).

En las actividades, conceptualmente progresivas, muy simples al principio y más complejas a medida que el alumno conoce más hechos a explicar, hemos utilizado sustancias que le son familiares e instrumentos cuyo manejo no presenta grandes dificultades (5).

Aunque pueda parecer superfluo, se debe de entregar al alumno todo el material, aun el más trivial, ya que las dificultades de comprensión del español conducen a situaciones curiosas; éste es el caso de alumnos que no saben representar una variable frente a otra, ya que por frente entienden la parte delantera de la cabeza.

Las actividades se inician con modelos que simulan reacciones químicas en las que los reactivos y productos son cotidianos y conocidos por todos; describiendo, en principio macroscópicamente, las diferencias entre las propiedades características de los reactivos y de los productos. Se analizará también cómo no es posible recuperar las sustancias iniciales por procedimientos físicos. En esta misma línea estudiaremos los criterios de conservación.

Se pueden proponer distintas estequiometrías empleando otro tipo de envoltorios como paquetes de galletas, en los que las unidades vienen de dos en dos, para identificar moléculas diatómicas. Sin embargo, creemos que, para abordar estequiometrías más complejas, resulta más interesante el empleo de piezas del tipo

"*geomax*" de diferentes colores y masas, que combinadas permiten construir sin dificultad muchas de ellas.

La Ley de Lavoisier se plantea a nivel macroscópico; algo que se puede comprobar con el uso de una balanza. Se señalará la dificultad que tuvo esta proposición en la última parte del siglo XVIII.

A continuación se irán introduciendo nuevos conceptos como la ley de Proust y el concepto de ecuación química, abandonándose el lenguaje descriptivo para incorporar conceptos que permitan explicar el cambio microscópicamente.

Se introducirá, finalmente, la Teoría atómico-molecular para explicar el cambio químico desde un punto de vista atómico. Además podremos comprobar de nuevo el principio de conservación de la masa.

Introduciremos el ajuste de las ecuaciones químicas como consecuencia de la conservación de la masa, e insistiremos a los alumnos en que la masa no depende del estado de agregación de las sustancias. El objetivo es ayudar a comprender que el ajuste de una ecuación química es una consecuencia de la conservación de los átomos y ello concuerda plenamente con la conservación de la masa a nivel macroscópico. En este nivel se les planteará hacer reacciones químicas elementales para su posterior interpretación mediante modelos atómicos.

La interpretación atómica de los cambios químicos se puede efectuar con un modelo atómico elemental, que permite considerar las reacciones químicas como un proceso de reordenación de átomos.

Para que el alumno entienda debidamente el concepto de mol es necesario que tenga muy clara la naturaleza corpuscular de la materia y la ley de las proporciones constantes, para lo que es necesario que dominen el concepto de proporción. Aquí lo importante es que relacionen mol con un número de Avogadro de partículas que les permite poder relacionar con facilidad la cantidad de sustancia con la masa.

Se intentará enseñarles unas técnicas o estrategias de resolución de problemas. Es necesario utilizar un planteamiento previo, una visión global del problema que permita ordenar y enlazar las diferentes etapas de la resolución (6).

## 2. EJEMPLOS DE ACTIVIDADES

Se proponen tres actividades de nivel 4º de la ESO, que implica un tiempo de desarrollode unas dos horas cada una de ellas.

### 2.1. La cantidad en Química

- Objetivo 1: que el alumno relacione la masa con el número de moles.

Materiales: una bolsa de galletas, una balanza y papel milimetrado.

a. Calcula la masa de 2, 4 y 6 galletas y completa la siguiente tabla:

| Número de galletas | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Masa de las galletas | | | | | |

b. Representa gráficamente la masa de las galletas en función del número de galletas y comprueba que son proporcionales (cuando aumenta el número de galletas, aumenta también la masa). Realiza la representación en papel milimetrado.

c. Calcula sobre la gráfica la masa de una galleta.




Ahora te proponemos un modelo en el que al número de galletas le vamos a llamar "número de moles" (n) y en el que a la masa de una galleta le vamos a llamar "masa molar" (M), de forma que la masa de un número de galletas (m) será:

$$m = M \cdot n$$

- Objetivo 2: que el alumno relacione mol con un Número de Avogadro de partículas.

Material: Dos docenas de huevos de gallina, dos docenas de huevos de codorniz y hueveras de plástico para hacer las pesadas.

a. Toma una docena de huevos de gallina y calcula su masa en una balanza. Haz lo mismo con una docena de huevos de codorniz. Rellena la siguiente tabla:

| | |
|---|---|
| Número de huevos de gallina | |
| Masa de los doce huevos | |

| | |
|---|---|
| Número de huevos de codorniz | |
| Masa de los doce huevos | |

En los dos casos tenemos doce huevos, pero tienen masas diferentes. Te proponemos el siguiente modelo: llamar mol a la cantidad de sustancia que contenga doce partes, la galleta de la actividad anterior también la podemos dividir en doce partes. Recuerda que a la masa de un mol la llamamos masa molar (M).

b. Comprueba que la masa de dos docenas de huevos son $m = 2 \cdot M$

Como ves, se sigue cumpliendo:

$$m = n \cdot M$$

c. Calcula el número de moles de la cantidad de huevos que te suministre el profesor.

Como en Química las partículas son muy pequeñas, los químicos eligieron una unidad de cantidad de materia que les asegurara tomar el mismo número de partículas de diferentes sustancias. Lo más sencillo que se les ocurrió fue tomar una cantidad en gramos de las diferentes sustancias iguales a sus masas atómicas o moleculares. Esta cantidad se llamó mol, que es la unidad de la cantidad de materia. Más adelante, en 1865, se calculó que un mol contenía $6{,}022 \cdot 10^{23}$ partículas. Éste es el Número de Avogadro.

**3. LA MASA Y LA PROPORCIÓN EN QUÍMICA**

- Objetivo 3: Comprobar las Leyes de Lavoisier y Proust, ajustar reacciones y realizar cálculos estequiométricos.

Material: Bolsa de pan de molde, lonchas de embutido y balanza.

a. Determina la masa de unas rebanadas de pan (mP).

b. Determina la masa de unas lonchas de embutido (mE).

c. Realiza unos bocadillos (B) de masa mB y comprueba que mP + mE = mB

Supongamos que la formación del bocadillo ha sido una reacción química:

Una reacción química es un proceso por el cual una o más sustancias, llamadas REACTIVOS, se transforman en otra u otras sustancias llamadas PRODUCTOS

d. Lo que has realizado lo podemos expresar como:



Pan + Embutido $\rightarrow$ Bocadillo

PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA MASA: La suma de las masas de los reactivos es igual a la suma de las masas de los productos.
Lavoisier, que enunció esta ley, enseñó a sus colegas la importancia de medir cuidadosamente.

e. Determina las masas de pan y embutido necesarios para preparar 1, 2, 3, 4 y 5 bocadillos.

f. Comprobar que las relaciones mP/mE, mP/mB y mE/mB son las mismas en cada uno de los casos anteriores.

Cuando dos o más sustancias se combinan para formar el mismo compuesto, lo hacen siempre en proporciones de masas constantes y definidas. Si las cantidades que se mezclan no guardan esta proporción, es que hay una cantidad de sustancia que está en exceso, que es la que queda sin reaccionar. Éste es el enunciado de la

ley de Proust o ley de las proporciones constantes.
Proust, otro gran químico francés, escapó de los azares de la Revolución Francesa y trabajó bajo la protección del rey Carlos IV en España.

g. Ajusta la reacción:

$$P + E \rightarrow B$$

Lo que acabas de colocar son los coeficientes de una reacción química.

Los coeficientes de una reacción química nos informan en qué proporción se encuentran los moles de los reactivos y los productos.

h. Toma como masa molar del pan la masa de una rebanada y como masa molar del embutido la de una loncha. Cuando el dato inicial sea la masa de los reactivos o la masa de los productos, debes convertir este dato en cantidad de sustancia. Calcula:

| **Pan** | **Embutido** | **Bocadillo** |
|---|---|---|
| 55 g | 23,4 g | X g |
| X g | 70,2 g | 235,2 g |
| 2 moles | 1mol | X moles |
| 3 moles | X moles | X moles |
| X moles | 117 g | X moles |

### 2.3. FINALIZACIÓN DE UNA REACCIÓN QUÍMICA

- Objetivo 4: Estudiar el concepto de reactivo limitante. Determinarlo y realizar cálculos estequiométricos.

Material: Bolsa de pan de molde, lonchas de embutido y balanza.

a. Realiza todos los bocadillos posibles con 6 rebanadas de pan y 4 lonchas de embutido.

b. Repetir la operación con 6 rebanadas de pan y 8 lonchas de embutido.

c. Ahora con 10 rebanadas de pan y 3 lonchas de embutido.

d. Comprueba que el número de bocadillos que se pueden hacer depende del producto que primero se termina y no de la cantidad del reactivo que sobra.

e. Dada la reacción $2P + E \rightarrow B$. Calcula:

| **Pan** | **Embutido** | **Bocadillo** | **g de pan que sobran** | **g de embutido que sobran** |
|---|---|---|---|---|
| 55 g | 40 g | X g | | |
| 100 g | 80 g | X g | | |

### 4. RECAPITULACIÓN

- Objetivo 5: Pasar a otro nivel de concreción. Las actividades son las mismas, pero variando el modelo a utilizar.

Material: Tabla periódica, balanza, bolas de plastilina de diferentes colores y masas. Las masas tendrán un valor igual a la masa atómica de los diferentes elementos.

Una reacción química se representa mediante una ECUACIÓN QUÍMICA. Las fórmulas de los reactivos se colocan a la izquierda, y las de los productos a la derecha, separadas ambas por un flecha ( $\rightarrow$ ) que indica el sentido de la reacción. Como en una reacción química se conserva la masa, debe haber a cada lado el mismo número de átomos de cada elemento. Para equilibrar una reacción química, se ponen delante de las fórmulas unos dígitos llamados coeficientes.

Las ecuaciones químicas servirán para calcular las cantidades de sustancias que intervienen en las reacciones químicas. Los coeficientes de la ecuación química se pueden interpretar como los números relativos de moléculas que intervienen en la reacción química o como los números relativos de moles.

En una reacción química, los enlaces entre los átomos que forman los reactivos se rompen. Los átomos, no desaparecen, se reorganizan de otro modo, dando lugar a una o más sustancias diferentes de las iniciales.

a. Escribe las fórmulas de las sustancias y ajusta las ecuaciones químicas siguientes:

hidrógeno + oxígeno $\rightarrow$ agua
cloruro de hidrógeno + cinc $\rightarrow$ cloruro de cinc + hidrógeno
nitrógeno + hidrógeno $\rightarrow$ amoníaco
cloro + sodio $\rightarrow$ cloruro de sodio

b. Si partimos de 2 moles de cloruro de hidrógeno, ¿qué cantidad de cinc reaccionará? ¿qué cantidad de hidrógeno se formará?

c. Haz un modelo con plastilina de las moléculas de las sustancias que intervienen en la anterior reacción.

d. Repite el ejercicio con el resto de las reacciones y las cantidades que te indique el profesor.

**REFERENCIAS**

1. M. J. Caballer, R. Serra, *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, **2001**, Vol. 30, 99.
2. L.R. Galagovsky, L. Bonán, A. Andúriz, *Enseñanza de las Ciencias*, **1998**, Vol 16, 315-321.
3. J. Hierrezuelo Moreno y A. Montero Moreno, *La Ciencia de los alumnos*, Ed. Laia, Barcelona (1989).

4. C.M. Pérez, J.M. Moreno, Evaluación y detección de dificultades en Física y Química en el Segundo Ciclo de la ESO, Ed. Centro de Publicaciones del MEC (1998).
5. N. Solsona Pairó, R. Martín del Pozo, *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, **2004**, Vol. 42, 19.
6. A.M. Oñorbe, G. de Anta, A. Favieres, R.M. García-Vázquez, M.J. Manrique y M.L. Ruíz, *Resolución de Problemas de Física y Química*, Ed. Akal, Madrid (1993).

**BIBLIOGRAFIÍA**

- C. Palacios, M.E. del Moral y M.P. Varela, *Conocimientos Científicos en la escuela*, Ed. Centro de Publicaciones del MEC, Madrid (1996).
- J. Hierrezuelo Moreno et al., Ciencias de la Naturaleza. 3º y 4º de ESO, Ed. Elzevir, Vélez-Málaga (1993).
- J.A. Lloréns Molina, Comenzando a aprender Química, Ed. Visor, Madrid (1991).

# UN MODELO DE INVESTIGACIÓN-ACCIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA EN BACHILLERATO

***Mª. Dolores Castro Guío* [1]*, Andrés García Ruiz* [2]*, Rafael Gómez Fernández* [3]**

[1]Departamento de Física y Química. IES Atenea. Colombia, s/n
28945 Fuenlabrada, Madrid. mdcastroguio@hotmail.com
[2] Departamento de Didácticas Específicas, Universidad Autónoma de Madrid
28049 Madrid. andres.garcia.ruiz@uam.es
[3] Departamento de Física y Química. IES El Olivo, Felipe II, 11.
28980 Parla, Madrid. ies.elolivo.parla@educa.madrid.org

*La experiencia se sitúa en el campo de la Investigación-Acción aplicada a la enseñanza de la Química en bachillerato, propiciando que el alumnado sea el protagonista de pequeñas investigaciones, mediante la formación de grupos de trabajo colaborativos. Los modelos que presentamos tratan sobre el papel de la química en la industria y en el hogar, desarrollando dos temas como son la vitamina C y la madera.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Los problemas de la formación científica de la población ha sido denominado por algunos como "crisis de alfabetización científica" (1), ante lo que otros autores han sugerido desarrollar una educación científica orientada hacia la sociedad y centrada en el alumnado (2-5).

La educación para la acción y para la relevancia social, tiene como objetivo ayudar a formar futuros ciudadanos para la acción, teniendo presente que pronto entrarán en la sociedad como adultos.

## 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En la investigación-acción, el quehacer científico consiste no sólo en la comprensión de los aspectos de la realidad existente, sino también en la identificación de las fuerzas sociales y las relaciones que están detrás de la experiencia del hombre. Esta técnica permite la generación de nuevos conocimientos al investigador y a los grupos involucrados. Se centra en la posibilidad de aplicar categorías científicas para la comprensión y mejoramiento de la organización, partiendo del trabajo colaborativo del alumnado.

Esta experiencia se sitúa en la denominada "investigación-acción colaboradora" que suele agrupar en el ámbito educativo personas vinculadas al mundo educativo de la enseñanza secundaria y de la Universidad (6,7).

## 3. DESCRIPCIÓN DE LOS CASOS ESTUDIADOS

Teniendo presente que la labor educativa se desarrolla en situaciones donde se plantean problemas prácticos, es lógico que comencemos a partir de un problema práctico, que será el centro del proceso de investigación, y una vez formulado el mismo, deberemos realizar una búsqueda bibliográfica que nos permita un diagnóstico de la situación, para diseñar una propuesta de cambio.

Los temas elegidos: "La química en la vitamina C" y "La química en la madera", obedece por una parte a seleccionar temas de actualidad y de aplicación en el futuro por nuestro alumnado y por otra al conocimiento del alumnado de la formación que se ofrece en el centro educativo.

### 3.1. La química en la vitamina C

La vitamina C está presente en muchos alimentos de uso diario como los zumos y los medicamentos que solemos utilizar en pequeñas enfermedades comunes.

Planteamos primeramente un estudio teórico sobre las características de la citada vitamina y sus efectos carenciales sobre la salud. Seguidamente desarrollamos las propiedades de los indicadores para reconocer la presencia del ácido ascórbico (vitamina C) en productos.

a. La práctica de laboratorio consistió en coger tres matraces de 100, 250 y 500 ml, comprimidos de un medicamento compuesto por ácido ascórbico para utilizarlo como patrón, tres tipos diferentes de zumos de naranja y un indicador. La práctica la hemos desarrollado siguiendo el protocolo dado por Vecchone (8) sobre experimentos sencillos de Química.

Una vez analizadas las etiquetas de cada uno de los productos y cuantificada la cantidad de vitamina C que poseía cada una de las marcas de zumos, podemos señalar que:



Figura 1. *Imagen de los matraces para el análisis de los diferentes productos.*

- El zumo en polvo utilizado es el que posee mayor concentración de vitamina C, ya que se parece al patrón. El grupo de alumnos saca la conclusión de que parece ilógico que los polvos utilizados sean similares al medicamento utilizado como patrón.

- El resto de zumos posee una cantidad parecida de vitamina C, aunque debíamos haber cuidado más la preparación de las disoluciones, pues alguna parecía más diluída.

b. Como actividad complementaria los alumnos realizaron una encuesta sobre una muestra de 100 personas, relativa a los hábitos de consumo sobre el tema, con el siguiente cuestionario:

- Edad del consumidor/a.
- ¿Tomas zumos?
- ¿Con qué frecuencia?
- ¿Son naturales?
- ¿En qué envase?
    1. Tetrabrik 2. Vidrio 3. Plástico 4. Zumo en polvo
- A la hora de decidir entre uno u otro, ¿en qué te basas?
    1. En el sabor 2. Marketing (publicidad)
    3. En el contenido en vitamina C 4. En el gasto económico
- ¿Cambiarías tu opinión y, por lo tanto, tu elección, si fueras consciente del contenido en vitamina C de algunos de los zumos que consumes?¿Por qué?

Los resultados de la encuesta son los siguientes:

Tabla con los resultados de la encuesta

| | **Edades (años)** | **0 a 5** | **5 a 10** | **10 a 20** | **20 a 30** | **30 a 50** | **> 50** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CONSUMO | Media zumos al mes | 30 | 30 | 30 | 20 | 30 | 10 |
| TIPO (%) | Natural | 85 | 40 | 25 | 35 | 75 | 40 |
| | Elaborado | 15 | 60 | 75 | 65 | 25 | 60 |
| TOMAN (%) | Zumo | 100 | 92 | 70 | 60 | 58 | 75 |
| | No toman | 0 | 8 | 30 | 40 | 42 | 25 |
| TIPO ENVASE (%) | Tetrabrik | 5 | 75 | 80 | 60 | 15 | 20 |
| | Cristal | 78 | 5 | 15 | 28 | 79 | 69 |
| | Plástico | 15 | 15 | 8 | 10 | 5 | 10 |
| | En polvo | 2 | 5 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| ELECCIÓN (%) | Sabor | 5 | 20 | 30 | 35 | 35 | 35 |
| | Marketing | 50 | 70 | 60 | 50 | 45 | 30 |
| | Vitamina C | 65 | 5 | 5 | 10 | 10 | 20 |
| | Gasto económico | 2 | 5 | 5 | 5 | 10 | 15 |

De los resultados de la encuesta podemos observar que la mayoría de los encuestados toman zumos durante la mayor parte de la semana, coincidiendo que los

zumos naturales se toman en edades tempranas ya que, según la encuesta realizada a las madres, buscan el mayor contenido en vitamina C.

Entre los que toman zumos naturales el envase que se elige, en general, es el tetrabrik, sobre todo entre 5 y 10 años, ya que es la edad en que los niños llevan zumo al colegio para la hora del recreo.

Respecto al tipo de envase, el de vidrio es el preferido entre la muestra de más de 30 años. Los envases de plástico y el zumo en polvo se suelen beber más como refresco en un momento determinado.

De la última pregunta podemos resaltar que la mayoría de los encuestados, no cambiarían de tipo de zumo a pesar de que otro tuviera más contenido en vitamina C, ya sea por el sabor o por el gasto económico.

**3. 2. la Química y la madera**

Esta experiencia la hemos seleccionado, teniendo presente que en el Centro existe la familia profesional de madera, como rama de ciclos formativos, contando con la colaboración del profesorado y alumnado de la citada especialidad.

La primera actividad se basó en un informe bibliográfico sobre la relación entre la Química y la madera. Seguidamente vimos los tipos de madera y las herramientas para trabajarla, destacando los tipos de barnices, el teñido de madera y los componentes utilizados como el ácido sulfúrico y la sosa cáustica.

El experimento trata de producir, en una madera seleccionada por el alumnado, un acabado de envejecimiento.

El proceso de envejecimiento seguido ha sido el siguiente:

- Selección de la madera más adecuada, eligiendo la de pino por no poseer una veta muy marcada.
- Quitar las impurezas que tiene el tablón seleccionado, mediante la utilizaión de dos máquinas específicas: labra y regrueso.
- Dividir el trozo de madera en cuatro partes para proceder a echar el ácido sulfúrico. En cada una de los trozos, añadiremos una disolución de ácido sulfúrico y agua en distinta concentración para observar cómo ataca el citado ácido a la madera, seleccionando concentraciones del 100%, 50% y 25%.
- Tras dejar actuar el ácido sulfúrico sobre la madera algo más de 24 horas, realizaremos una disolución de hidróxido sódico (sosa) con agua en un 50%. Con ello neutralizamos la acción del ácido con la sosa.
- Después de dejar actuar el hidróxido sódico sobre la superficie de la madera durante 24 horas aproximadamente, se procede al retirado de la sosa, mediante el lavado con agua.
- Dejaremos secar la madera durante unas 48 horas y seguidamente procederemos a quemarla al aire libre. La reacción de combustión del ácido sulfúrico libera gases tóxicos, para ello utilizamos mascarillas. Poco a poco, pasamos la llama por la superficie de la madera y se aprecia que se queman más rápido las vetas blandas (de color más claro) que las duras (color oscuro).

• Finalmente cepillamos la madera, para retirar los residuos.



Figura 2. *Selección de la madera*.

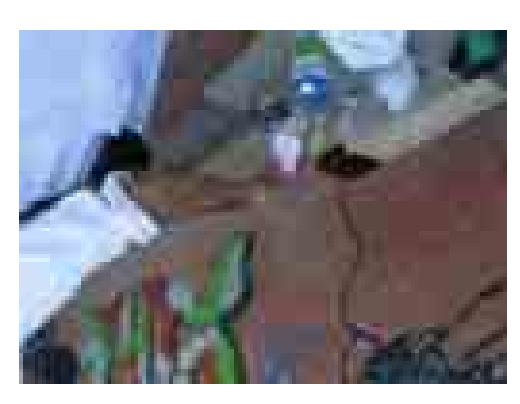


Figura 2. *Aplicación del ácido sulfúrico*.

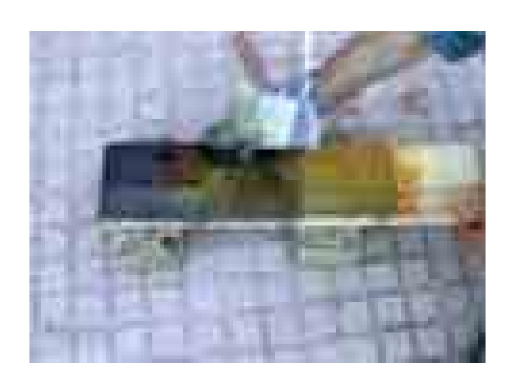


Figura 3. *Aplicación de la sosa.*



Figura 4. *Quema de madera.*



Figura 5. *Cepillado de la madera.*



Figura 6. *Reacción de aplicación del ácido y de la base.*



Figura 7. *Efecto de envejecimiento.*



Figura 8. *Acabado de la madera envejecida.*

**REFERENCIAS**

1. M.R. Mattheus, *Science Teaching: The Role of History a Philosophy of Scienc* Ed. Routledge, Londres (1994).
2. D. Hodson, *Int.J. Sci. Ed*., **1993**, Vol. 14 (5), 541-562.
3. R.T. Cross, R.F. Price, *School Science Review,* **1994**, Vol. 75 (273), 29-40.
4. E.W. Jenkins, *Journal of Curriculum Studies*, **1994**, Vol. 26 (6), 683-694.
5. J. Ramsey, *Sci. Ed*., **1993**, Vol. 77 (2), 235-258.
6. S.N. Oja, L. Smulyan, *Collaborative actino research: A developmental approach*, Lewes, Falmer Press (1989).

7. W.R. Veal, D.J. Tippins, *Issues in Science Education,* **1996**, Vol. 81-87, Ed. Rhoton y Bowers. Arlington: NSELA/NSAT.
8. G. Vecchone, *Experimentos sencillos de Química en la cocina,* Ed. Oniro, Barcelona (2002).

# LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES EN EDUCACIÓN SECUNDARIA

***Carmen Cambón Cabezas, Marisol Martín de Frutos, Eduardo Rodríguez Martín***
Colegio Internacional SEK - Ciudalcampo
Paseo de las Perdices 2, Urbanización Ciuadalcampo
San Sebastián de los Reyes, 28700 Madrid
ccambon@sek.es, msmartin@sek.es, erodriguez@sek.es

*Se analizan los factores que están determinando el menor rendimiento en las asignaturas de Física y de Química de Educación Secundaria, desde la propia experiencia de los autores y según los numerosos informes sobre el problema que están elaborando diversas instituciones científicas. Se discuten algunas propuestas para abordar el problema entre las que destaca la motivación de los alumnos a través de experiencias basadas en la Ciencia cotidiana. Se utiliza como ejemplo el proyecto sobre Físico-Química de la Cocina desarrollado por los autores.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Los autores llevamos unos cuantos años dedicados a la enseñanza de Ciencias Experimentales en niveles de Secundaria y Bachillerato. Creemos que nuestra experiencia nos permite una visión perspectiva de la evolución temporal en la enseñanza de estas disciplinas y nuestra impresión es bastante nítida: el aprendizaje de las Ciencias en Secundaria está sufriendo un lento pero constante deterioro. No es una impresión subjetiva o particular; múltiples análisis y testimonios, desde conversaciones con compañeros, análisis preparados por Colegios de Licenciados en Ciencias Experimentales, conclusiones derivadas de los diversos informes PISA (1), hasta el completo Informe de la Ponencia sobre la situación de las enseñanzas científicas en la Educación Secundaria, presentado al Senado por la Comisión de Educación, Cultura y Deporte, aprobado el 13 de mayo de 2003 (2), señalan en la misma dirección. Es nuestra intención presentar un breve resumen de las conclusiones derivadas de estos trabajos y de posibles actuaciones para revertir esta tendencia.

Se pueden identificar varias causas que coadyuvan al deterioro de la formación científica en la Educación Secundaria de nuestro país:

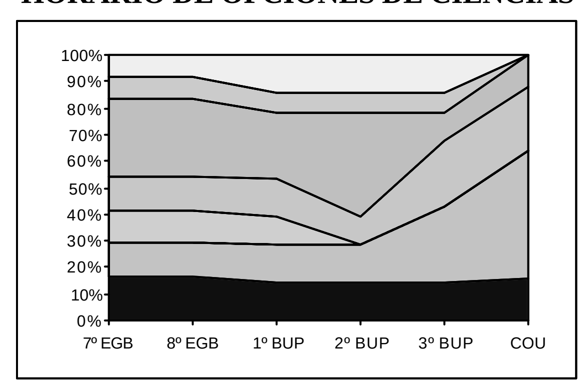
- Disminución del número total de horas dedicadas a asignaturas de Ciencia Básica y aumento de la optatividad de las mismas.
- Pérdida de recursividad de los contenidos oficiales.
- Cambio de mentalidad en los alumnos y en la sociedad en general, con rechazo de los esfuerzos que no implican recompensa inmediata.
- Rechazo hacia conocimientos culturales instrumentales básicos.

## 2. DOTACIÓN HORARIA

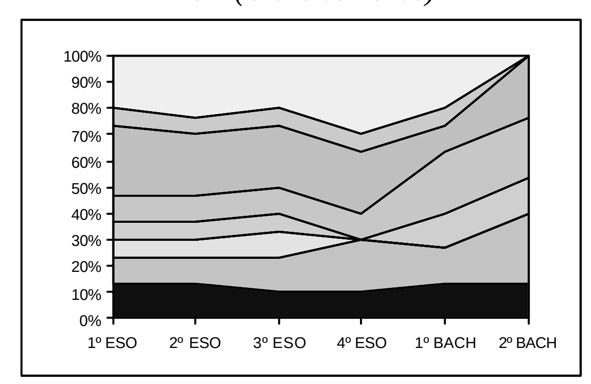
Respecto a la disminución del número total de horas, se pueden comparar los desgloses horarios que se contemplaban en el antiguo Plan de Educación de 1970 con los vigentes en la actualidad, para alumnos comprendidos entre los 11-12 y 17-18 años.

Los datos se recogen en los siguientes gráficos:

**HORARIO DE OPCIONES DE CIENCIAS**



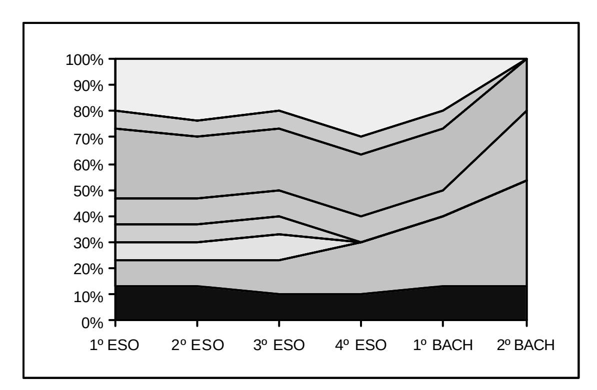

*BUP (Ciencias Puras)*




*ESO y BACH (Científico-Técnico)*

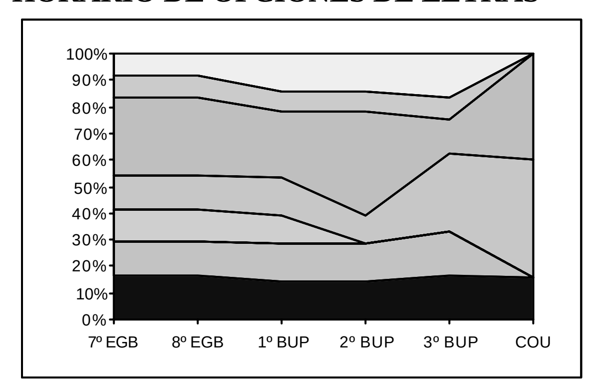
| | ÁREA |
|---|---|
| | OTRAS |
| | EDUCACIÓN FÍSICA |
| | FILOLOGÍA |
| | CIENCIAS SOCIALES |
| | DIBUJO |
| | TECNOLOGÍA |
| | CIENCIAS EXPERIM. |
| | MATEMÁTICAS |

*Cartela para las gráficas*

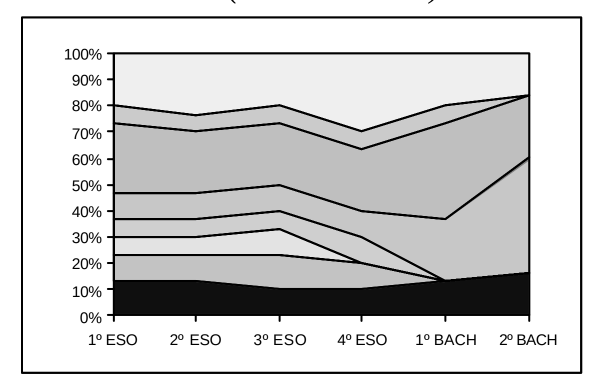



*ESO y BACHILLERATO (Biosanitario)*

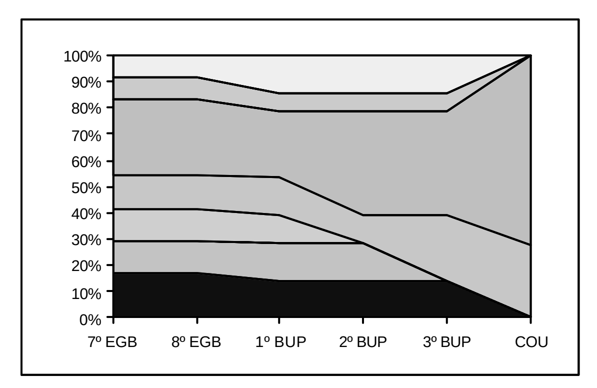
## HORARIO DE OPCIONES DE LETRAS



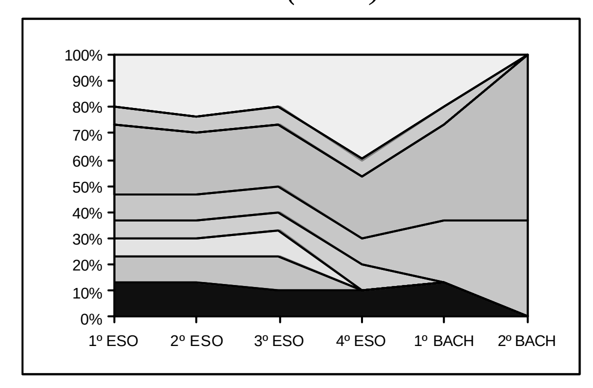

*BUP (Ciencias Mixtas)*




*ESO y BACHILLERATO (Ciencias Sociales)*




*BUP (Letras)*




*ESO y BACHILLERATO (Humanidades)*

Como se puede comprobar, las horas dedicadas a Disciplinas de Ciencias Experimentales han disminuido porcentualmente, aun en el caso de alumnos que hayan optado por realizar las modalidades Científico-Tecnológica o de Ciencias de la Salud. Esta disminución es aún más notoria en los niveles de Educación Primaria, donde una nueva asignatura denominada Conocimiento del Medio engloba contenidos de Ciencias Experimentales y Ciencias Sociales con una dotación horaria de tres horas semanales.

En Educación Secundaria la disminución horaria no es tan aparente; incluso en el segundo ciclo de Educación Secundaria Obligatoria se cuenta con una hora más (2+2+3+3=10, frente a las 4+4=8 de la Ley de 1970). Pero la distribución es peor: frente a dos asignaturas de cuatro horas semanales en 1º y 2º de BUP, ahora aparecen dos asignaturas de dos horas en 3º ESO y otras dos de tres horas en 4º ESO.

A este problema básico se une el de la optatividad de las asignaturas. Se da la extraña posibilidad de que se puede llegar a cursar una carrera de Ingeniería sin haber cursado Química, una carrera Biosanitaria sin haber cursado Física o una carrera de Ciencias Experimentales sin alguna de las dos; de hecho es posible matricularse en Ciencias Físicas sin haber cursado Física, en Ciencias Químicas sin haber cursado

Química o en Ciencias Biológicas sin haber cursado Biología. Se trata de que cada alumno pueda diseñar su propio currículo, pero se da paso a posibilidades claramente ilógicas.

La optatividad respecto a las asignaturas de Ciencias Experimentales comienza en el nivel de 4º de ESO cuando, con 14-15 años, los alumnos deben optar entre cursar asignaturas de Ciencias (Física y Química, Biología y Geología) frente a otras optativas como Plástica o Música con un nivel de dificultad mucho menor. Aunque los padres y profesores intentan encaminar por opciones de Ciencias a aquellos alumnos capacitados para cursarlas, es evidente que muchos de ellos lo ven como un dificultad añadida e innecesaria pues son incapaces de entender que el no cursar asignaturas de Ciencias en 4º ESO bloquea su currículo posterior.

En primero de bachillerato, dentro de las opciones de Ciencias, aparece como obligatoria la Física y Química con 4 horas semanales.

Esto ya es escaso en comparación con la mayoría de los países de nuestro entorno, que dedican 3 horas semanales a Física y otras tantas a Química. Pero además, la Biología y Geología aparece como optativa frente al Dibujo Técnico; los alumnos encaminados a carreras Científico-Técnicas optan por el Dibujo y ven reducida en cuatro horas su formación en Ciencias Experimentales, dejando de estudiar temas clave como la Bioquímica y perdiendo la oportunidad de ver numerosos ejemplos de aplicación de leyes generales a casos particulares relacionados con los seres vivos.

En 2º de Bachillerato se reduce la dotación horaria respecto al antiguo COU. Según la opción elegida solamente son obligatorias dos asignaturas de Ciencias, Matemáticas y Física en un caso y Química y Biología en otro. Se debe escoger obligatoriamente otra asignatura científica como optativa, incluyéndose entre las elegibles Ciencias de la Tierra y Medioambientales y Dibujo Técnico. La cuarta asignatura es optativa abierta y sólo si el alumno lo desea elegirá otra asignatura de Ciencias, pero puede optar por Segundo Idioma, Ciencia, Tecnología y Sociedad, Literatura, Historia de la Música o Latín.

Los alumnos que optan por cursar opciones de Letras no necesitan ninguna asignatura científica en su currículo, ni en 4º ESO ni en los dos años de Bachillerato, quedando su formación científica reducida a la lograda hasta 3º ESO, lo que equivale a decir que en casi nada; como mucho cursarán Matemáticas aplicadas a las Ciencias Sociales.

La consecuencia directa de esta organización del currículo es que los alumnos que optan por áreas de Ciencias llegan a sus estudios universitarios con una base claramente deficitaria, y los que optan por áreas de Letras consiguen un alarmante analfabetismo científico

## 3. ORGANIZACIÓN DE LOS CONTENIDOS

La organización de contenidos también ha sufrido, a nuestro juicio, un importante retroceso. Es cierto que en los temarios actuales se incorporan conceptos y áreas científicas que antes no se trataban, pero es a costa de no repetir contenidos básicos en

varios cursos. De este modo, los conceptos científicos indispensables para basar un conocimiento comprensivo de la Ciencia quedan mal asimilados por los alumnos, que siguen su programa de estudios con graves deficiencias instrumentales.

Como ejemplo de lo expuesto se pueden comparar los libros de texto asociados a la Ley de 1970 y los vigentes en la actualidad en cuanto a los contenidos relacionados con Dinámica o con los Enlaces Químicos.

**4. CAMBIO DE MENTALIDAD SOCIAL Y EN LOS ALUMNOS**

La Sociedad va cada vez más acelerada. No hay lugar para la paciencia. Se rechaza lo que no tiene resultados inmediatos. Cada vez más alumnos manifiesten su aversión por las asignaturas que exigen un aprendizaje trabajoso, con conceptos cuya comprensión requiere esfuerzo mental. Aún los más capacitados para el aprendizaje de las Ciencias, se suelen acercar a ellas como a una penitencia necesaria, por ejemplo, para llegar a ser ingenieros, sin lograr el profundo disfrute personal que la comprensión teórica de los fenómenos naturales proporciona.

Tampoco estamos en una época que aprecie "lo culto". Cualquier rama de la cultura (científica, humanística, artística,…) es vista por muchos jóvenes como pedantería vacía. El triunfador es el que tiene poder y dinero conseguidos rápidamente gracias a su suerte, a su audacia, o a su desvergüenza, pero nunca a su esfuerzo. El rechazo al trabajo constante y el desprecio de sus frutos provoca que la juventud, en palabras de *D. Carlos Pico Marín*, en su colaboración al Informe de la Ponencia sobre la situación de las enseñanzas científicas en la Educación Secundaria, presentado al Senado (3), sufra analfabetismo funcional, deficiente formación cultural-intelectual, insuficiente base para los estudios universitarios y patética deficiencia de lenguaje. Con estos mimbres haremos un cesto.

**5. MEDIDAS PARA REVITALIZAR LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIAS EXPERIMENTALES EN EDUCACIÓN SECUNDARIA**

Después de lo expuesto, el hecho de que algunos alumnos culminen su formación Secundaria con ciertos conocimientos básicos de Ciencia parece sorprendente.

Es urgente poner medidas eficaces que reviertan esta alarmante tendencia, pero muchas de estas medidas escapan a la capacidad de decisión de los docentes, como es el caso de la reforma de horarios y contenidos que se proponen en el informe sobre Enseñanza de la Química elaborado por la Asociación Nacional de Químicos Españoles (ANQUE) (4), en el informe sobre la Enseñanza de la Física y Química en Educación Secundaria del Colegio de Químicos de Madrid (5) o en el manifiesto sobre la situación de la Enseñanza de las Ciencias Naturales (Biología y Geología) en la Educación Secundaria en España de la Real Sociedad Española de Historia Natural (6).

El informe que fue presentado al Senado por la Ponencia sobre la situación de las enseñanzas científicas en la educación secundaria, constituida en el seno de la Comisión de Educación, Cultura y Deporte, aprobado el 13 de mayo de 2003, hace un

análisis muy lúcido y completo del problema, pero las conclusiones propuestas no hacen ninguna referencia a los horarios y a los contenidos, y se orientan más a la formación del profesorado.

En cualquier caso, los profesores de Secundaria no se conforman, no nos conformamos, con este lento declinar y se procura motivar a los alumnos y facilitar su aprendizaje por todos los medios a su alcance.

Esta situación, como es evidente, repercute en la formación del alumnado de todos los Centros de Educación Secundaria. En lo que respecta al centro SEK-Ciudalcampo, el Departamento de Ciencias intentó desarrollar medidas que paliaran el deterioro de la enseñanza de las Ciencias, dentro de sus posibilidades.

No está a nuestro alcance modificar los horarios o los contenidos oficiales, pero se implantaron cuadernos de refuerzo con ejercicios guiados, se dispusieron horas especiales para solventar dudas entre aquellos alumnos con mayores dificultades de aprendizaje y se procuró utilizar el laboratorio del Centro lo más posible. Para evitar elecciones erróneas de materias optativas, se estableció una colaboración estrecha con el Departamento de Orientación, dando charlas de orientación a los alumnos y a las familias de modo que tuviesen claras las repercusiones de su elección en posteriores desarrollos académicos.

Al organizar una visita a la exposición temporal "Todo es Química" (7), que se presentaba en el Museo de Ciencias Naturales de Madrid, resultó evidente que el nuevo punto de vista sobre la Ciencia que se ofrecía despertaba el interés de los alumnos: no solamente se podía actuar sobre los resultados negativos; cuando se abordan explicaciones científicas sobre fenómenos cotidianos el interés de los alumnos despierta (8). Se presentaba una vía para atacar las causas del rechazo a las Ciencias y no meramente para disminuir las consecuencias.

Los primeros tímidos ensayos se basaron en montar algunas prácticas de laboratorio centradas en fenómenos cotidianos: limpiacristales, ácidos y bases de uso doméstico, etc. El éxito de estas actividades nos animó a proyectar algo más ambicioso. Así surgió el proyecto "Ciencia con buen gusto" dedicado a trabajar sobre las bases fisicoquímicas de los procesos culinarios y centrándose en el desarrollo de actividades propias en colaboración con grupos de alumnos (9).

Se pensó que la gastronomía molecular podía ser muy adecuada para la didáctica de las Ciencias. Por su propia naturaleza, los estudios culinarios son muy interdisciplinares, agrupando aspectos físicos, químicos y biológicos. Es verdaderamente sorprendente la gran variedad de mecanismos implicados en la preparación de platos de cocina, aún de los más habituales. Presentan además la posibilidad de abordarlos desde diversos niveles de complejidad, desde la simple observación de fenómenos sencillos, como la solubilidad o los cambios de estado, hasta el estudio de los complejos mecanismos de reacción implicados en las reacciones de pardeado. Prácticamente cualquier punto de temario oficial de Ciencias en Educación Secundaria puede relacionarse con algún mecanismo empleado en la cocina. Por otra parte, el empleo de materiales no tóxicos ni peligrosos, permite una

gran versatilidad en la planificación de los protocolos. Es perfectamente viable permitir que los alumnos diseñen sus propias prácticas sin que se corra el riesgo de que se provoquen accidentes de manipulación, pues la peligrosidad se reduce casi únicamente a la utilización de temperaturas elevadas que, por otra parte, no son siempre necesarias. Las prácticas de laboratorio pueden ser muy abiertas y cubrir todos los aspectos característicos del proceso experimental.

Para dar al proyecto un aspecto más atractivo, se decidió organizar las actividades en forma de menú. Trabajando con alumnos de primero de bachillerato fueron ensayándose distintas posibilidades hasta elaborar un menú final constituido por tres platos con *fundamento* (científico). En la elaboración del menú podían estudiarse los siguientes fenómenos:

• *Huevos con huevos = huevos*[2] (huevos duros con mayonesa).

- Temperaturas de desnaturalización de las proteínas de la clara y la yema del huevo.
- Formación de $Fe_2S_3$ en la superficie de contacto entre yema y clara.
- Dilatación del aire contenido en la cámara aérea del huevo.
- Coagulación de las ovoalbúminas derramadas por fisuras de la cáscara al añadir sal o vinagre al agua de cocción.
- Influencia de la proporción inicial de agua (contenida en la clara del huevo) y aceite en la formación de una emulsión de aceite en agua.
- Relación entre la viscosidad, el tamaño de las gotas de aceite, y la intensidad del batido.

• *Carne a la Maillard con guarnición osmótica* (carne con guarnición de verduras).

- Efecto de diferentes métodos de cocinado sobre la pérdida de agua, la desnaturalización de las proteínas cárnicas y la aparición de pardeado debido a las reacciones de *Maillard* en la carne.
- Influencia de la concentración salina del medio en los intercambios osmóticos entre el agua y los alimentos durante la cocción.

• *Mezcla de biomoléculas con sustancias casi puras* (crêpes con caramelo líquido).

- Influencia de los diferentes componentes de la masa en su fluidez.
- Cambio de propiedades de la disolución de sacarosa en agua en función de la temperatura.
- Degradación térmica de la sacarosa y reacciones de caramelización.

La metodología seguida se podría denominar “Investigación-Acción” (19). Consiste en un proceso recursivo basado en una continua evaluación y revisión del plan original en las que colaboran todos los integrantes del grupo, tanto profesores como alumnos. Con esta técnica se desarrollaron actividades que los propios alumnos presentarían a un público exterior, normalmente compañeros de niveles inferiores, durante la Semana Cultural que se organiza en el centro. La ilusión por “quedar bien” se convierte en una motivación importante. En las primeras fases es muy necesaria la

dirección del profesor, que ayuda a definir el camino pero, según el grupo va tomando conciencia de su implicación, la dirección es cada vez más participativa; precisamente la meta final es educar, es decir, poder prescindir del experto cuando se haya logrado el nivel de instrucción que le permita actuar autónomamente.

Esta metodología, abierta y creativa, es de difícil aplicación cuando se trata de desarrollar unos temarios oficiales muy determinados y cerrados. Sin embargo reveló todo su potencial creativo cuando se decidió participar en la V edición de la Feria Madrid por la Ciencia (11). Un grupo de 25 alumnos de primero de Bachillerato consiguió diseñar unos protocolos breves y atractivos, de finalidad eminentemente divulgativa, que resultaron interesantes para el público general que asiste a la Feria, desarrollando un nivel de motivación, de interés por los contenidos científicos y una aptitud para los trabajos en laboratorio, muy superior a la media.

Para culminar la experiencia, se evaluó el resultado con diferentes técnicas, quedando patente que había despertado en los alumnos una nueva actitud frente a las Ciencias:

- Adquirieron un incremento notable en su aptitud para manejar el material de laboratorio y para respetar las normas de seguridad y limpieza.
- Se logró que conectasen la teoría científica con los fenómenos y objetos de la vida cotidiana.
- Admitieron haber percibido el aspecto lúdico y creativo del saber científico.
- Eligieron en 2º de Bachillerato la opción con Matemáticas, Física y Química en todos los casos.

Para terminar, se debe resaltar que este alegato a favor del aumento del peso específico de las Ciencias en el currículo de Educación Secundaria no supone en modo alguno una minusvaloración de los saberes humanísticos que se consideran habitualmente como "cultura". La Ciencia también es cultura; tan lamentable es un científico desinteresado por el Arte o la Literatura como un artista científicamente analfabeto. El proyecto "Ciencia con Buen Gusto" continúa su actividad y en el presente curso 2004/05 se ha puesto en marcha un trabajo sobre la "Ciencia en la Olla de Don Quijote" en el que se estudian aspectos fisicoquímicos, gastronómicos y sociales de los platos característicos de La Mancha en el Siglo de Oro español. En el Departamento de Ciencias no se olvida que éste es el año del IV Centenario de la publicación del Quijote. ¿Se recuerda en otros Departamentos que es el Año Internacional de la Física?

## REFERENCIAS

1. Ministerio de Educación y Ciencia, *Resumen de los primeros resultados en España Evaluación PISA 2003,* (2004).

2. Comisión de Educación, Cultura y Deporte del Senado, *Informe de la Ponencia sobre la situación de las enseñanzas científicas en la educación secundaria*, Aprobado el 13 de mayo de 2003.

3. C. Pico, *Indicadores sobre el rendimiento de la enseñanza*, en Informe de la Ponencia sobre la situación de las enseñanzas científicas en la educación secundaria, Comisión de Educación, Cultura y Deporte del Senado 2003, pp.6-10.
4. Comisión de Educación de ANQUE, *La enseñanza de la Física y la Química en Educación secundaria"* Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias (2005), Vol. 2, Nº 1, pp. 101-106.
5. Proyecto curricular *"La enseñanza de la Física y Química en Educación Secundaria"* http://www.quimicosmadrid.org/doc/procurri.doc .
6. Real Sociedad Española de Historia Natural, *Situación de la enseñanza de las Ciencias Naturales (Biología y Geología) en la educación Secundaria en España*, Real Sociedad Española de Historia Natural y Facultades de Biología y Geología de la Universidad Complutense de Madrid.
7. Exposición temporal *"Todo es Química", Museu de la Ciencia i de la Técnica de Catalunya y de la Societat Catalana de Química***.**
8. G. Pinto Cañón (Ed.), *Didáctica de la Química y Vida Cotidiana*, Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la U.P.M., Madrid (2003).
9. C. Cambón, M. Martín, E. Rodríguez, *Vivir Educando*, nº 18 pp. 15-20.
10. R. Lara, *La Investigación-Acción en Educación Ambiental,* Colección Monografías de Ecuación Ambiental UNED Madrid (1990).
11. Comunidad de Madrid, *V Feria Madrid por la Ciencia*, **2004**, pp. 184-185.

# CAMBIOS ASOCIADOS A LAS REACCIONES DE TRANSFERENCIA DE PROTONES: ASPECTOS EXPERIMENTALES

***Gualdino Alonso Ferreira-Dos Santos***
IES Al-satt. Grupo de Didáctica e Historia de la Química y de la Física
Real Sociedad Española de Química
galonso@amena.com

*El trabajo aporta actividades de aprendizaje que se refieren a los cambios asociados a las reacciones de transferencia de protones relacionados con aspectos de la vida cotidiana.*

*Se plantean ensayos con indicadores ácido-base, los habituales en los laboratorios, y naturales, como herramienta didáctica para una aproximación a los conceptos relacionados a diferentes niveles: en una primera, como forma efectiva de introducir el conocimiento de ácidos y bases, el grado de acidez de un medio acuoso, la neutralización y algunas nociones de equilibrio químico, se propone la observación del comportamiento de indicadores y extractos de plantas, en diferentes medios acuosos (disoluciones de productos de uso cotidiano). A continuación se abordan, mediante diferentes ensayos en el laboratorio, la escala de pH, como escala logarítmica de concentraciones, el equilibrio químico entre los pares conjugados ácido-base, y su desplazamiento por modificación de la composición del sistema, así como el uso de indicadores para estimar el pH y caracterizar el equilibrio iónico en disoluciones acuosas.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Las reacciones ácido-base en disolución acuosa constituyen unos de los procesos más importantes de los sistemas químicos, son muy frecuentes en la naturaleza, se presentan en muchos procesos vitales, y en muchas aplicaciones tecnológicas. Estas reacciones, indispensables para la vida de las células, intervienen en sus procesos metabólicos. Por ejemplo, la estructura tridimensional de las enzimas, que condiciona su reactividad, depende del grado de acidez del medio.

Los efectos de las reacciones de transferencia de protones se ponen de manifiesto en muchos dominios de la vida cotidiana, desde los cambios de color que experimentan las hojas verdes de árboles y plantas con las estaciones, a fenómenos ambientales, como la lluvia ácida o la disminución del pH de los océanos por aumento de la concentración del $CO_2$ en la atmósfera. Ácidos, bases y sales se encuentran en miles de productos de uso cotidiano: alimentos, aditivos alimentarios, fármacos, productos higiénicos, cosméticos, y de limpieza.

Para analizar los conceptos químicos relacionados con el equilibrio ácido-base se propone como herramienta didáctica el estudio de los indicadores ácido-base. Esta elección está motivada por razones históricas. Boyle fue el primero en observar que los pigmentos azules de las plantas toman color rojo al agregarles un ácido y en

introducir el jarabe de violeta para reconocer y diferenciar los ácidos de las bases. Por razones didácticas, estas sustancias ponen de manifiesto, mediante cambios de color, asociados a las transformaciones de sus estructuras, la presencia de los pares conjugados ácido-base en los sistemas y permiten estimar sus concentraciones relativas. Los alumnos pueden relacionar los colores y sus tonos con las concentraciones de las dos formas, ácida y básica, reproducir la escala pH mediante una escala de colores, y aplicar sus conocimientos para estimar el pH de muestras problema, las constantes de equilibrio, y seguir sus transformaciones al modificar su composición. Las actividades propuestas permiten abordar experimentalmente estos conceptos fundamentales con las estimaciones de concentraciones que realizan los estudiantes con exactitud relativa, sin la precisión y la fiabilidad en las medidas que proporcionan espectrofotómetros o pHmetros; instrumentación que, por otra parte, no se encuentra al alcance de muchos Institutos.

La utilización de productos naturales y otros de uso cotidiano, como indicadores y como muestras problema, se encuentra justificado pedagógicamente para los diferentes niveles educativos. Todos los modelos actuales para la enseñanza de la Ciencia están de acuerdo en que una de las características que definen el interés por un contenido o una tarea es el grado de aplicabilidad y utilidad percibido por el alumno (1).

Las actividades como las propuestas, que ponen de manifiesto el comportamiento químico de las sustancias que nos rodean, contribuyen a superar una de las grandes dificultades del aprendizaje de la Química: relacionar la estructura no observable con las propiedades observables de la materia (2). Las dificultades aumentan cuando lo observable no se encuentra en el ámbito de lo cotidiano para el alumno.

En los niveles universitarios, las herramientas didácticas que relacionan aspectos cotidianos con los contenidos de Química favorecen tanto la asimilación de conceptos como el interés hacia su estudio (3).

## 2. ACTIVIDADES PROPUESTAS

Las actividades que se ha elaborado para familiarizar a los alumnos con los métodos experimentales habituales de la disciplina consisten en:

1. Preparar una serie disoluciones acuosas, mediante diluciones sucesivas de una disolución madre, para reproducir la escala pH. Todos los alumnos saben que el pH del agua neutra es 7, que los ácidos tienen un pH menor que 7, y que las bases lo tienen mayor que 7, pero pocos lo relacionan con el valor del exponente de la concentración de iones $H_3O^+$ en un sistema acuoso. El uso de escalas logarítmicas dificulta la comprensión y la correcta aplicación de este concepto básico de Química. Con esta actividad, se pretende desarrollar en los estudiantes el conocimiento de la escala pH, preparando una serie de disoluciones patrón que reproduzcan su zona ácida y básica y comprobar sus concentraciones respectivas con papel indicador universal o pHmetro.

2. Poner de manifiesto el carácter reversible del equilibrio químico ácido-base y

comprobar cómo se desplaza, en un sistema indicador, cuando cambia la concentración de $H_3O^+$ del medio. El fundamento de los cambios de color y de su aplicación, como indicadores del grado de acidez de las disoluciones o en las valoraciones ácido-base, es un aspecto que, en ocasiones, se obvia o pasa desapercibido, pero que resulta imprescindible para la comprensión del fenómeno. En el transcurso de la actividad, los cambios de color se utilizan para mostrar la extensión en que se desplaza el punto de equilibrio del sistema químico, cuando se le agrega una de las especies reaccionantes, siguiendo el principio de *Le Châtelier*.

3. Comparar el comportamiento, identificando pH, colores, y zonas de viraje, de diferentes indicadores, entre ellos uno doméstico (un extracto de col). Los estudiantes tendrán que estimar el valor de la constante de equilibrio de cada indicador, observando sus puntos de viraje y elegir los mejores para hacer determinaciones del pH en cada zona de la escala.

4. Estimar el pH de diversas disoluciones acuosas y de productos de uso cotidiano, utilizando los indicadores preparados y estudiados, mezclas y extractos, mediante aproximaciones sucesivas y ensayando con diferentes indicadores, o en un solo ensayo con una mezcla de éstos, para poder llegar a fijar su valor con relativa exactitud.

## 3. ENSAYOS CON INDICADORES: GUIÓN DEL ALUMNO

*Materiales :*

| *Materiales necesarios por grupo* | *Materiales comunes* |
|---|---|
| - 1 rotulador<br>- 1 Cuentagotas<br>- Gradilla para tubos de ensayo<br>- 16 tubos de ensayo<br>- 1 probeta de 10 ml<br>- 1 pipeta<br>- Extracto de hojas de col roja<br>- Agua destilada<br>- Papel indicador | - 14 vasos de precipitados conteniendo disoluciones de pH =1 a pH=14 preparadas por el profesor.<br>- Indicadores : Tintura de tornasol, Rojo de metilo, Verde de metilo , fenolftaleína, rojo neutro, …<br>- Muestras problema,<br>- Linterna<br>- Cámara de fotos |

*Seguridad y Residuos:*

Cuando se trabaja con disoluciones de ácido clorhídrico y de hidróxido sódico deben tomarse precauciones. Ambas pueden irritar la piel o causar quemaduras en los ojos. Por ello, deben evitarse salpicaduras durante los ensayos. En el caso de entrar en contacto con los productos se deberán lavar las manos inmediatamente y con gran cantidad de agua. Después de los ensayos, las disoluciones diluidas pueden arrojarse al desagüe de las pilas.

*Procedimiento:*

• *Actividad 1.*

-Describa todas las operaciones realizadas por el profesor para obtener la serie de disoluciones de pH=1 a pH=14 por el método de las diluciones sucesivas a partir de las disoluciones madre: HCl 0,1 M y NaOH 1,0 M.

-Indique en una tabla los volúmenes y las concentraciones de las disoluciones mezcladas para obtener 200 mL de cada una de las disoluciones patrón de pH=1 a pH=14 .

• *Actividad 2.*

Ensayos para estudiar el comportamiento de un indicador en las disoluciones patrón .(Cada grupo estudia uno diferente).

*Ensayo 2a.*

Rotule del 1 al 14, los tubos de ensayo.

Llene hasta la mitad los 14 tubos, con cada una de las disoluciones patrón.

Compruebe el pH de cada disolución: tome con un agitador, que lavará después de cada ensayo, una gota de cada una de las disoluciones contenidas en los tubos y viértala sobre una pequeña tira de papel indicador. Anote el color y el pH estimado de cada tubo según la coloración que tome el papel.

Añada a cada tubo unas gotas de indicador.

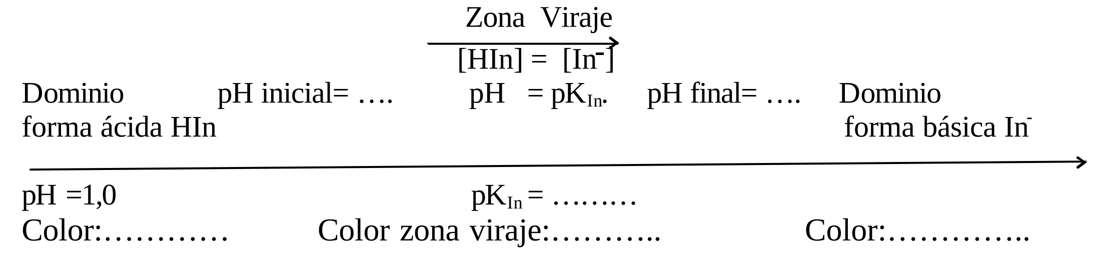
Disponga los tubos en el soporte en orden creciente de pH. Es la serie testigo para ensayos posteriores.

Identifique los colores de las formas ácida y básica del indicador y el de sus diferentes tonos en la zona de viraje. Para una mejor visualización utilice un fondo blanco.

Identifique, por su color, los límites (pH al inicio y al final), de la zona de viraje.

Estime el valor de su $pK_{In.}$

Complete el diagrama de distribución de las formas ácida y básica del indicador:




Complete con sus observaciones la tabla de la actividad 3.

*Ensayo 2b:* Carácter reversible de las reacciones ácido-base.

Agregue a un tubo de ensayo 5 mL de agua y unas gotas de indicador, observe el color. Añada con un cuentagotas una gota de disolución de pH=1, y a continuación, una gota de otra de pH=13. Añada una segunda gota de pH=13 y anote todos los colores que observe después de añadir cada gota.

Interprete lo que sucede.

Repita la operación añadiendo sucesiva y alternativamente gotas de las disoluciones ácida y básica.

Lave el tubo de ensayo. La disolución vertida al desagüe debe ser neutra, deje correr el agua.

*Ensayo 2c:* Colores de la forma ácida básica y en la zona de viraje, en una neutralización.

Agregue a un tubo de ensayo unos 5 mL de disolución patrón de pH= $pK_{In}$ - 3.

Añada, a un segundo tubo, unos 5 mL de disolución patrón de pH= $pK_{In}$ + 3.

Ilumine con un haz de luz blanca de una linterna, los dos tubos de ensayo alineados y observe el color de la luz transmitida por ambos.

Proponer una explicación para el color observado

Con el fin de neutralizar las disoluciones de los tubos vierta el contenido de uno de ellos en el otro.

Compare el color obtenido con el de los tubos de la zona de viraje.

Interprete el hecho de que el color obtenido mezclando ambas disoluciones coincida con el obtenido al iluminar los dos tubos alineados.

*Ensayo 2d:* Mezcla de indicadores.

Añada a los 14 tubos de ensayo rotulados que contienen las disoluciones con el indicador estudiado, unas gotas de un indicador ácido-base distinto.

Procure cubrir con ellos, la mayor parte del rango de la escala de pH.

Describa el aspecto o coloración de esta mezcla para cada valor de pH. Identifique los diferentes puntos de viraje y complete con sus observaciones la tabla de la actividad 3

*Ensayo 2e:* Comportamiento de un indicador natural (el extacto de col).

Rotule 13 tubos de ensayo y añada 5 mL de cada una de la serie de disoluciones patrón.

Añada a cada uno 3 gotas de indicador del extracto de col. Anote el color que toma el indicador en cada una de ellas. Disponga los tubos en orden creciente de pH en el soporte (serie testigo para ensayos posteriores).

Identifique los colores de las formas ácida y básica del indicador y el de los tonos en las zonas de viraje. Identifique, por su color, los límites, pH al inicio y al final, de cada zona de viraje. Complete con sus observaciones la tabla de la actividad 3.

- *Actividad 3:* Comparación del comportamiento de los indicadores.

Complete la tabla para el indicador estudiado, la mezcla de indicadores, el extracto de col de su grupo y con los datos de los indicadores estudiados por los otros grupos.

| *Nombre del Ind. Color en medio neutro* | *Color en medio ácido* | *pH inicio 1ª zona de viraje* | *Color en zona de viraje* | *pH final 1ª zona de viraje* | *Color tras el 1ª viraje* | *pH inicio 2ª zona de viraje* | *Color en zona de viraje* | *pH final 2ª zona de viraje* | *Color tras el 2º viraje* | *pH final* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | 14,0 |
| | | | | | | | | | | |

Elija los mejores indicadores para cada rango de pH. Compare sus observaciones con las de otros grupos.

Para comparar y elegir el indicador mejor debe tener en cuenta: ¿en cuál de ellos se distinguen mejor los cambios de color, por ser más diferentes los colores que presentan sus dos formas?¿cuál es el más adecuado para un rango determinado de pH?

- *Actividad 4*

*Ensayo 4.a:* Uso del extracto de col como indicador con muestras problema obtenidas al mezclar ácidos y bases.

Prepare las muestras problemas agregando en 5 tubos de ensayo la mezcla de los volúmenes de las disoluciones indicadas en la tabla.

Compare el color que toma cada muestra problema cuando se le añaden 5 gotas del indicador de col con el de la serie de disoluciones patrón. Anote el pH estimado correspondiente en la tabla.

Utilice el valor del pH estimado para determinar el reactivo limitante y el reactivo en exceso en las reacciones de neutralización.

Calcule el pH. Compare los valores obtenidos con el indicador de extracto de col con los obtenidos mediante cálculo.

| $HCl + NaOH \rightarrow H_2O + NaCl$ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *V ácido mL* | *V base mL* | *pH ácido* | *pH base* | *pH resultante* | *Reactivo en exceso* | *Reactivo limitante* |
| *Muestra A* | *1* | *1* | *pH=1* | *pH=13* | | | |
| *Muestra B* | *9* | *1* | *pH=1* | *pH=13* | | | |
| *Muestra C* | *1* | *9* | *pH=1* | *pH=13* | | | |
| *Muestra D* | *1* | *1* | *pH=1* | *pH=12* | | | |
| *Muestra E* | *1* | *1* | *pH=2* | *pH=13* | | | |

*Ensayo 4.b:* Uso del extracto de col para estimar el pH de muestras problema (productos cotidianos).

Productos cotidianos que se sugieren para estimar el pH : limón, vinagre, agua con gas, bebidas carbónicas, vitamina C, aspirina, pastilla efervescente, naranja,

tomate, yogur, agua del grifo, champú, jabón, sal de frutas (bicarbonato sódico), pasta de dientes, limpiadores amoniacales, entre otros.

Clasifique los productos por su composición en ácidos, bases y sales y por su comportamiento con los indicadores. Realice una tabla comparativa que registre los valores de pH estimados en cada una de las muestras problema con el extracto de col y con papel indicador.

| *Ensayos con muestras problema* | *Color Indicador* | *pH estimado* | *Fuerza como ácido o base* |
|---|---|---|---|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |

**BIBLIOGRAFÍA**

1. J.M. Campanario, A. Moya, *Enseñanza de las Ciencias*, **1999**, Vol. 17 (2), 179-192.
2. M.A. Gómez Crespo, *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, **1996**, Vol. 7, 37-44.
3. G. Pinto Cañón, *Anales de la Real Sociedad de Química*, **2005**, Vol. 100 (2), 37-43.

# DIFICULTADES DE LOS ALUMNOS NO UNIVERSITARIOS EN EL CÁLCULO MATEMÁTICO PARA EL APRENDIZAJE DE LA FÍSICA Y LA QUÍMICA

***Mª. Teresa Martín Sánchez*** [1], ***Manuela Martín Sánchez*** [2]
[1] IES Fernando de Rojas, Colombia 46-92, 37003 Salamanca
mtmartin@usuarios.retecal.es
[2] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación
Universidad Complutense, 28040 Madrid. mmartins@edu.ucm.es

*En el presente trabajo proponemos una serie de ejemplos que pueden servir para ayudar a alumnos de niveles no universitarios a entender el significado de las operaciones matemáticas cuando estudian Física o Química.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Podríamos afirmar que existe unanimidad en que las carencias fundamentales de los alumnos actuales para poder aprender cualquier materia son el conocimiento de la Lengua y las Matemáticas, carencias que en el caso de España aparecen corroboradas en el informe Pisa.

La dificultad en el manejo de las operaciones matemáticas es tal que la mayoría de los alumnos son incapaces de hacer una suma o una división sin recurrir a la calculadora. Esta situación es preocupante porque, sin lugar a dudas, el cálculo matemático da una agilidad mental, pero es aún más preocupante en materias como Física y Química porque si no saben hacer las operaciones está claro que todavía les resulta más difícil interpretar el resultado o entender qué pretenden hacer con la citada operación. En algunos países está totalmente prohibido que los alumnos de niveles no universitarios utilicen las calculadoras o los ordenadores para hacer cálculos, pero las posibilidades que los alumnos tienen para utilizar estos instrumentos hacen que sean muy escasos, si es que existen, los que no son totalmente dependientes de ellos.

Esta es la causa por el cual cada vez son más frecuentes los cursos o al menos los capítulos que se dedican a los cálculos matemáticos en otras Ciencias como Física y Química.

Es necesario enseñar a los alumnos cuál es el significado de cada una de las operaciones matemáticas que realizan, qué información nos suministra y por qué esa operación es la adecuada para buscar lo que queremos medir. Estamos de acuerdo con Arons (1) cuando dice que los alumnos tienen muchas lagunas que comienzan hasta para entender conceptos como "área" y "volumen". Estas lagunas existen no sólo por las carencias en enseñanzas previas sino porque estos temas resultan suficientemente difíciles para los alumnos como para que su dominio no sea fácil de conseguir. A continuación proponemos una serie de ejemplos, que creemos que pueden servir de ayuda, insistiendo en que las dificultades de los alumnos no se van a remediar con una serie de ejercicios más o menos rápidos y que el éxito sólo se obtendrá con un trabajo

continuado y volviendo una y otra vez a lo largo del curso sobre las mismas ideas, siempre que el tema que estamos tratando se preste a ello.

## 2. SIGNIFICADO DE UN COCIENTE

En nuestra enseñanza comenzamos porque piensen cuál es el significado de un cociente, una razón o una relación. En la actualidad es frecuente que no sepan ni hacer el cociente, pero pensar lo que significa la operación en sí, ya hace muchos años que hemos detectado que la mayoría no lo hacen. Por ejemplo, nos llamaba la atención que siempre definían la velocidad como un desplazamiento realizado en un tiempo, la densidad como la masa de un volumen, etc. Ante esta situación, decidimos comenzar el primer día de clase por plantearles el siguiente ejercicio:

*Un alumno ha comprado cuatro bolígrafos exactamente iguales, del mismo precio, y le han costado 20 euros. Dinos que indica el cociente 20/4 = 5.*

Como los alumnos suelen buscar siempre complicaciones a las preguntas, aunque hay un porcentaje bastante alto que indican que 5 euros sería el precio de cada bolígrafo, otros se lían y creen que le has preguntado algo extraño. A continuación, después de haber discutido el significado del cociente, les planteamos otra serie de preguntas similares para comprobar si son capaces de explicar su significado:

*Un móvil, que se desplaza siempre igual de rápido, en 4 s se ha desplazado 20 m. ¿Qué indica el cociente 20/4 = 5?*

*Un trozo de hierro tiene un volumen de 30 mL y su masa es 234 g. ¿Qué indica el cociente 234/ 30 =7,8 ?*

Después de discutir los significados, pues aún hay alumnos que les cuesta entenderlo, pasamos a expresiones que ya no son numéricas y que se corresponden con diferentes magnitudes físicas para que nos digan la definición con palabras.

*A continuación tienes una serie de fórmulas que corresponden a la definición de determinadas magnitudes físicas; nos tienes que decir cómo definirías cada una de ellas (como puede que no conozcas qué magnitudes representa cada letra te lo indicamos):*

*Velocidad = ?s/?t*  *s = desplazamiento*  *t = tiempo*
*? = letra griega delta que se utiliza para indicar incremento de una magnitud*
*Aceleración = ?v/?t*  *v = velocidad*
*Densidad = m/V*  *m =masa*  *V = volumen*
*Presión = F /S*  *F = fuerza*  *S = superficie*
*Potencia =? W/?t*  *W = trabajo*

Todas las preguntas de este tipo se las damos por escrito, para que cada alumno individualmente conteste, también por escrito, lo que piensa. Es la única forma de que cada alumno intente buscar la explicación y que de hecho se entere de lo que está haciendo.

Hay un alto porcentaje de alumnos que todavía siguen teniendo dificultad y cada vez que sale alguna magnitud nueva de este tipo es necesario volver a recordar que la definición será similar. Trabajando de esta forma, al final del curso una gran mayoría lo han entendido y son capaces de aplicarlo a otras definiciones.

**3. NO A LAS REGLAS DE TRES**

Otro problema es luchar contra las que llamamos "automáticas" reglas de tres y obligarlos a pensar. Un ejemplo podría ser:

*Un mol de agua son 18 g de agua, calcula el número de moles de agua que hay en 2000 g de agua.*

*¿Qué es lo que tienes que hacer? Agrupar 2000 g en grupos de 18 g ¿Qué operación es agrupar? Tienes que ir haciendo montoncitos de 18 g, ¿realmente qué estás haciendo?* (dividiendo).

*Vamos a seguir con el problema; la información que te damos ahora es que cada mol de agua contiene 6,02 x $10^{23}$ moléculas y la pregunta es: ¿ cuántas moléculas hay en 2000 g de agua?*

*Primero los 2000 g los haces grupos de 18 g y te quedan convertidos en moles. El número de moles es 2000/18 y como en cada grupo hay 6,02 x $10^{23}$ moléculas ¿qué operación tienes que hacer ahora?* (multiplicar).

Como indicamos en el caso anterior, es necesario volver una y otra vez sobre este tema y acostumbrar a los alumnos a pensar que aunque les cueste siempre será más positivo, formativo y duradero.

**4. AYUDARLES A PENSAR POR QUÉ SE NECESITA UNA NUEVA UNA MAGNITUD Y CÓMO SE DEFINE**

Lo mismo que en los casos anteriores vamos a poner ejemplos de lo que queremos decir:

A. Introducción del concepto de velocidad.

Estamos estudiando el desplazamiento de un móvil. Puede servir como ejemplo el desplazamiento de un alumno en el aula ¿De qué dependerá su rapidez?: del desplazamiento que ha hecho y del tiempo que ha invertido. Como depende de dos magnitudes, deberemos definir una nueva magnitud que incluya a las dos; pero lo rápido que se hace el desplazamiento no depende lo mismo de las dos magnitudes: aumenta al aumentar lo que se ha desplazado, sin embargo, disminuye al aumentar el tiempo que ha empleado. Esa nueva magnitud dependerá directamente del desplazamiento e inversamente del tiempo. ¿Cómo lo expresaremos matemáticamente? Mediante un cociente cuyo numerador sea el desplazamiento y el denominador el tiempo invertido.

$$v = ?\,s/?\,t$$

También será necesario dedicar un tiempo a distinguir cuándo se debe poner t o ? t, que distingan entre el tamaño de una magnitud y el incremento del tamaño.

Esa nueva magnitud ¿cómo se llama? y ¿cuál es su definición?: “velocidad = desplazamiento realizado en la unidad de tiempo”.

Se les ayudará a pensar en que cualquier magnitud que mida la rapidez con que se realiza algo siempre llevará en el denominador ? t .

*¿Cuál será la expresión matemática y la definición de la magnitud que mide lo deprisa que varia la velocidad y que se conoce con el nombre de aceleración?*

a = ? v/? t Definición “incremento de velocidad en la unidad de tiempo”.

*Potencia es la magnitud que mide la rapidez con que se trabaja. Escribe la expresión matemática de la potencia y su definición.*

*Potencia = ? W/?t*

Otros muchos ejemplos podríamos añadir: velocidad de reacción, velocidad de desintegración, etc.

B. Concepto de densidad.

¿Qué es algo muy denso? Mucho en poco espacio, pero si estamos hablando de materia la cantidad será la masa y el espacio será el volumen por tanto

?= m/V

¿Y la definición? ”Masa de la unidad de volumen”. ¿Por qué será una magnitud específica?

C. Concepto de concentración de una disolución.

Una disolución es la mezcla de un soluto y un disolvente. ¿Qué llamaremos una disolución muy concentrada? Cuando el soluto esta muy junto, hay mucho soluto en poca cantidad de disolución, por eso:

Concentración = cantidad de soluto/ cantidad de disolución

Para medir la cantidad de soluto tenemos varias opciones; lo podemos hacer mediante su masa o expresándolo como el número de moles y lo mismo pasa con la disolución. Tendremos varias formas de medir la concentración y utilizaremos cada una según los cálculos que tengamos que hacer después al usar esas disoluciones para trabajar experimentalmente o según el fenómeno que estemos estudiando. Vamos a explicar tres posibilidades:

1. La primera que vamos a explicar es la que se utiliza a nivel vulgar, y en ella se parte de la masa del soluto y del disolvente, utilizando como unidad para medirlas el gramo.

Los alumnos deberán ser capaces de escribir que

Concentración = nº de gramos de soluto/ (nº de gramos de soluto + nº de gramos de disolvente)

Después de hacer cálculos con ejemplos concretos, comentaremos por qué en estos casos resulta más cómodo multiplicar por cien y hablar de porcentajes en lugar de usar decimales.

2. La segunda forma consiste en medir lo mismo el soluto que el disolvente en moles y, después de decirles esto, los alumnos deberán escribir la expresión de la concentración y proponer el nombre:

Concentración = nº de moles de soluto / (nº de moles de soluto + nº de moles de disolvente)

¿Esta expresión qué es en Matemáticas? *Una fracción.* ¿Cómo llamaríais a una fracción de moles? *Fracción molar.*

Ya veremos más adelante que algunas propiedades de las disoluciones sólo dependen de la proporción en que se encuentran las moles de soluto en relación a las moles totales, por eso esta expresión de la concentración nos va a resultar muy útil.

3. En la tercera forma, que es la más importante para un químico, se mide el soluto en moles y la disolución en litros. Se llama molaridad, y se representa por M.

Los alumnos escribirán la fórmula:

M = Nº de moles de soluto / nº de Litros de disolución

Tendremos que hacer ejercicios numéricos para que lo asimilen y ejercicios numéricos para que entiendan que, si tienen expresada la concentración de una disolución como molaridad, cuando trabajan experimentalmente, tomar un número determinado de moles o moléculas se reducirá a medir un volumen.

D. Concepto de calor específico

Se trata de buscar de qué magnitudes va a depender la cantidad de calor que necesito para calentar una sustancia, Para concretar el problema, como hacemos siempre, ponemos ejemplos de la vida cotidiana: *"necesitamos buscar una expresión matemática que nos permita calcular la cantidad de calor que necesitamos para calentar distintas cantidades de agua y de aceite a diferentes temperaturas*." Conversando con los alumnos se llega fácilmente a la conclusión de que dependerá de:

- La cantidad (masa).
- El incremento de temperatura.
- La naturaleza de las especies.

Es decir, la cantidad de calor Q será proporcional a la masa que calentamos y al ? t. Si las magnitudes son proporcionales los alumnos deben saber (si no se comenta una vez más) que la relación es constante y evidentemente esa constante será la que depende de la naturaleza

$$Q / m \, ? \, t = cte$$

¿Cómo definiremos esa constante? Esta expresión debe ser fácil de leer por los alumnos como "*cantidad de calor por unidad de masa y por unidad de temperatura*", como depende de la naturaleza o especie se llamará calor específico y se representará por $c_e$, por lo que

$$c_e = Q / m \, ? \, t$$

De forma similar se definirá la resistividad térmica o eléctrica, los coeficientes de dilatación, etc.

## 5. AYUDARLES A PENSAR QUÉ MIDEN O QUÉ NOS INDICAN DETERMINADAS RELACIONES

Un ejemplo puede ser que los alumnos entiendan por qué el cociente:

Diferencia de potencial / intensidad de la corriente

nos indica la oposición del conductor a que pasen las cargas y por eso se debe llamar resistencia del conductor.

Es necesario hacerlos pensar que la diferencia de potencial es la energía que se necesita para mover la unidad de carga entre dos puntos y la intensidad nos mide la rapidez con que se mueven las cargas. Si necesito poca energía (poca diferencia de potencial) para obtener una intensidad grande, el cociente entre las dos magnitudes será pequeño, ofrecerá poca resistencia, y las cargas se moverán deprisa con poca energía.

No es tan fácil que lo entiendan y es necesario recurrir a ejemplos numéricos:

Tenemos dos conductores y en uno de ellos la relación vale 3 y en el otro 20. Queremos que por los dos pase una corriente de intensidad 0,5 amperios, ¿a qué diferencia de potencial tendremos que someter a cada uno de ellos?

Al hacer los cálculos, la mayoría de los alumnos se dan cuenta del significado, ya que para el primero sólo necesitan 1,5 V, lo que indica que las cargas se mueven fácilmente (poca resistencia) y para el segundo necesitan 10 V ( más resistencia).

### 5.1. ¿Por qué se define la intensidad de campo?

Muy pocos alumnos entienden la filosofía que conlleva definir la intensidad de campo, posiblemente porque no se les explica.

Nuestra propuesta es explicar primero la ley de Newton. La enunciamos y los alumnos ya deben saber escribirla, porque ya saben lo que significa proporcional, directa e inversamente, etc., únicamente será necesario comentar cómo indicamos que F es vector:

$$\mathbf{F} = (G \cdot M \cdot m / r^3)\, \mathbf{r}$$

A continuación planteamos el siguiente problema:

*Calcular la fuerza que ejerce la Tierra, de masa M, sobre tres alumnos del aula cuyas masas vamos a llamar $m_1$, $m_2$ y $m_3$.*

Después de que uno de los alumnos dicte las expresiones:

$$\mathbf{F} = (G \cdot M \cdot m_1 / r^3)\, \mathbf{r}$$
$$\mathbf{F} = (G \cdot M \cdot m_2 / r^3)\, \mathbf{r}$$
$$\mathbf{F} = (G \cdot M \cdot m_3 / r^3)\, \mathbf{r}$$

los propios alumnos deben indicar cómo hacen estas operaciones de una forma lógica y sin repetir los cálculos. Haciéndoles reflexionar se dan cuenta de que hay una parte que se repite en todas las expresiones que tenemos escritas en el encerado y que, lógicamente, calcularemos primero, porque el resto de los cálculos se limitarán a

multiplicar ese valor por la masa de cada alumno. Precisamente eso será lo que llamamos intensidad de campo gravitatorio terrestre en el aula y representamos por g y, por eso, para no repetir constantemente los mismos cálculos, se ha recurrido a definir intensidad de campo. Por tanto:

$$g = G \cdot M / r^2$$

Los alumnos nos indicarán si debemos incluir el carácter vectorial y si esa magnitud será escalar o vectorial. En definitiva nos quedará como definición de la nueva magnitud:

$$\mathbf{g} = (G \cdot M / r^3)\, \mathbf{r}$$

Por lo que la expresión de la ley de gravitación universal de Newton quedaría convertida en:

$$\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{g}$$

A continuación, los alumnos deberán explicar por qué **g** es una aceleración y su unidad en el SI es $m/s^2$. Será sólo despejar:

$$\mathbf{g} = \mathbf{F} / m$$

Por eso los libros definen la intensidad de campo gravitatorio como la fuerza ejercida sobre la unidad de masa. Sin embargo consideramos que, para principiantes, no se debería de dar esa definición, al menos de entrada, porque les complica más y no entienden por qué se utiliza una nueva magnitud llamada intensidad de campo.

Después de entender lo que es intensidad de campo gravitatorio será necesario insistir que cualquier objeto que tenga masa a su alrededor creará un campo gravitatorio y la expresión de la intensidad de campo en un punto a una distancia r del centro del objeto estará expresada siempre por la fórmula:

$$\mathbf{g} = (G \cdot m / r^3)\, \mathbf{r}$$

en la que m es la masa del objeto que crea el campo y r la distancia del centro al punto.

Si hay varios objetos en distintas posiciones, cada uno con una masa m, creando el campo será necesario calcular la intensidad del campo de cada objeto en ese punto, dibujar los vectores correspondientes y después sumarlos, teniendo en cuenta que, si se deben de sumar más de dos vectores, lo mejor es tomar unos ejes de coordenadas y sumar las componentes para calcular el vector resultante.

Una segunda cuestión que deberán entender es que siempre que un campo gravitatorio introducimos un objeto que tenga masa m sobre él existirá una fuerza cuyo valor será:

$$\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{g}$$

**5.2. Campo eléctrico**

Una vez que han entendido bien la intensidad de campo gravitatorio y han trabajado con estas expresiones los propios alumnos deberán ser capaces de buscar las expresiones de la intensidad de campo eléctrico después de enunciar la ley de Coulomb y tendrán que tener en cuenta que:

1. Cualquier carga eléctrica en su entorno creará un campo eléctrico y si lo representamos por E, la expresión matemática sería:

$$\mathbf{E} = (k \cdot q / r^3)\ \mathbf{r}$$

En el campo eléctrico surge una nueva situación: entre masas siempre había atracción pero entre las cargas puede haber atracción o repulsión, los científicos han llegado, arbitrariamente, al acuerdo de tomar como referencia para establecer el sentido lo que sucedería si la carga colocada en ese punto fuera positiva. Por eso, el vector **E** se dibujará como si saliera de las cargas positivas y llegando a las negativas. Lo mismo que en el gravitatorio, si hay varias cargas eléctricas se obtendría por la suma vectorial de las distintas intensidades de campo sobre ese punto.

2. Si en un campo de intensidad **E** colocamos una carga eléctrica sobre ella habrá una fuerza cuyo valor será:

$$\mathbf{F} = q \cdot \mathbf{E}$$

**5.3. Campo electromagnético**

El razonamiento para los alumnos será similar al del campo **E**, después de explicarles que Oersted descubrió que las cargas eléctricas moviéndose con una velocidad **v** son las que producen el campo magnético, que por eso se llama electromagnético, cuya intensidad depende del producto q · **v**.

Se les hará recapacitar que las cargas con frecuencia se mueven a través de los conductores y que sustituyendo la velocidad por su valor se llega a la siguiente igualdad:

$$q \cdot \mathbf{v} = q \cdot ?\mathbf{l} / ?t = I \cdot ?\mathbf{l}$$

es decir, que en las distintas expresiones utilizaremos q · **v** si es una carga que se mueve libremente con una velocidad **v** o bien I · **?l** si es un conductor por el que pasa una corriente de intensidad I.

Si la intensidad de campo magnético la representamos por B, los alumnos deberían escribir las expresiones de B para un carga q que lleva un velocidad **v** y para un conductor eléctrico de tamaño ? l por el que pasa una corriente eléctrica de intensidad I.

Un vez escritas las expresiones para el valor de B será necesario hacerles reflexionar sobre si q · **v** e I **· ?l** son magnitudes escalares o vectoriales y, por otra parte, teniendo en cuenta que **B** es un vector y que el segundo miembro de la igualdad es un producto en el que hay dos vectores, para que el resultado del producto sea un vector tendrá que ser un producto vectorial. Por lo que:

- La expresión de la intensidad de campo para una carga que se mueve libremente sería**:**

$$\mathbf{B} = (k \cdot q \cdot \mathbf{v} / r^3) \times \mathbf{r}$$

- La expresión para un conductor de tamaño ? l por el que circula una corriente de intensidad I sería:

$$\mathbf{B} = (k \cdot I \cdot ?\mathbf{l} / r^3) \times \mathbf{r}$$

Como consecuencia, puesto que se trata de un producto vectorial, el vector resultante **B** será un vector perpendicular al plano determinado por los dos vectores **v** y **r**, en un caso, y en el otro **?l** y **r**. El sentido nos lo dará la regla del sacacorchos, sin olvidar que el producto vectorial no es conmutativo. El tamaño de B será:

$B = (k \cdot q \cdot v/ r^2)$ sen a, siendo a el ángulo que forman **v** y **r**.

$B = (k \cdot I \cdot ? l / r^2)$ sen a, siendo a el ángulo que forman **?l** y **r.**

Será necesario comentar con los alumnos por qué en el caso del conductor se pondrá dB (diferencial de B) en lugar de B y no será ? l sino dl. Para que lo entiendan, se harán esquemas que les permita darse cuenta de que r y a toman distintos valores según se consideran diferentes dl a lo largo del conductor. Se les explicará por qué para calcular **B** se debe hacer una integral, ya que integrar es sumar diferenciales.

Lo mismo que sucedía en los campos gravitatorio y eléctrico sucederá aquí. Si en un campo magnético introducimos un conductor por el que pasa una corriente de intensidad I o una carga q con una velocidad **v** el campo ejercerá sobre ellos una fuerza, la expresión será similar a las del gravitatorio y eléctrico pero teniendo en cuenta que ahora será un producto vectorial:

**F**= I · **?l** x **B**

**F**= q · **v** x **B**

Y los tamaños de la fuerza serán:

F = I · ? l · B sen ∀

F = q · v · B sen ∀

La dirección de la fuerza será la perpendicular al plano determinado por los vectores I · **?l** y **B** o bien **v** y **B** y el sentido el del sacacorchos, sin olvidar que, como en electricidad, estás normas se refieren a las cargas positivas (si son negativas la fuerza será de sentido contrario). También será necesario advertirles que no olviden que el producto vectorial no es conmutativo.

Al final se hará un resumen en una tabla del siguiente tipo:

| **Magnitud** | **Representada** | **Origina** | **Intensidad de campo** |
|---|---|---|---|
| Masa | m | Campo gravitatorio | **g** = $(k \cdot m / r^3)$ **r** |
| Carga eléctrica | q | Campo eléctrico | **E** = $(k \cdot q / r^3)$ **r** |
| Carga eléctrica en movimiento | q · **v** | Campo magnético | **B** = (k · q · **v** / $r^3$) x **r** |
| Conductor eléctrico de tamaño dl | I · **dl** | Campo magnético | d**B** = (k · I · **dl** / $r^3$) x **r** |

| Siempre que hay un campo | En él se coloca | Habrá una fuerza |
|---|---|---|
| **G** | m | **F** = m · **g** |
| **E** | Q | **F** = q · **E** |
| **B** | q · **v** | **F** = q · **v** x **B** |
| **B** | I · **?l** | **F =**I · ? **l xB** |

Este trabajo, para que fuera completo, se debería extender a todos los temas de Física y Química. Con estos ejemplos lo único que queremos es llamar la atención que enseñar Física y Química no es ir a clase, escribir fórmulas en el encerado y que los alumnos las utilicen para resolver problemas numéricos. De esa forma es muy difícil que los alumnos entiendan estas materias y lleguen a tener interés por trabajar en ellas.

Como decía Herron (2) cuanto más tiempo llevamos dando clase más tiempo gastamos en hablar con los alumnos, planteándoles preguntas para que se fijen en el significado de cada concepto, fórmula, etc. o intentando que ellos aprendan a plantear esas preguntas, y menos en explicarles.

**BIBLIOGRAFÍA**

1. A.B. Arons, *Teaching introductory Physics,* Ed. John Wiley and Sons, New York (1996).
2. D. Herron, *The chemistry classroom: formulas for successful teaching,* Ed. American Chemical Society, Washington (1996).
3. P.G. Hewit, *Física Conceptual*, Ed. Addison-Wesley Longman, México (1999).
4. G. Holton**,** *Introducción a los Conceptos y las Teorías de las Ciencias Físicas*, Ed. Reverté, Barcelona (1993).

# Parte II

# Estrategias y Recursos Educativos

# MAPAS CONCEPTUALES EN PRÁCTICAS ABIERTAS DE FISICOQUÍMICA

***Mª. Yolanda Fernández de Aránguiz Guridi, Mª. Rosario Berraondo Juaristi, Sofía de La Torre Torrecilla***
Departamento de Química Física, Facultad de Farmacia
Universidad del País Vasco. Paseo de la Universidad, 7. 01007 Vitoria-Gasteiz
qfpfeguy@vf.ehu.es, qfpbejur@vf.ehu.es

*La propuesta de experiencias abiertas en una disciplina de carácter experimental como es la Fisicoquímica, que utilizan productos y analizan procesos que forman parte de la vida cotidiana, favorece sin duda la motivación de los alumnos a la hora de aprender. Con el objetivo de impulsar, además, la autonomía de los alumnos en el laboratorio, en este trabajo se propone la utilización de los mapas conceptuales, en la determinación experimental de un calor de neutralización. La propuesta se desarrolla con carácter bilingüe (euskera / castellano).*

## 1. INTRODUCCIÓN

El Departamento de Química Física de la Facultad de Farmacia viene aplicando, desde hace muchos años, en el desarrollo de las sesiones prácticas de la asignatura de Fisicoquímica de la Licenciatura de Farmacia, planteamientos abiertos de las experiencias de laboratorio, con el fin de promover la iniciativa de los alumnos a la hora de proponer diferentes estrategias para realizar la práctica. Este planteamiento se concreta en la estructura de los guiones que se proporcionan al alumno y en la metodología seguida durante dichas sesiones. En el convencimiento de que cuando "las cosas salen mal es cuando más se aprende", el guión de la práctica no incluye de forma detallada los pasos tanto experimentales como de cálculo necesarios para obtener el resultado deseado. Se huye del guión "receta", que en ningún caso ayuda al alumno a aprender, sino más bien, contribuye a su desorientación, ya que el alumno se limita a seguir un plan preestablecido sin encontrar ningún sentido a lo que hace, dando la sensación de "estar terriblemente ocupado cuando no tiene nada que hacer" (1).

Desde hace unos años venimos observando que los alumnos acceden a los primeros cursos de las Facultades de Ciencias con un nivel de conocimientos muy poco homogéneo y, en general, bastante deficiente, con una escasa motivación por el aprendizaje y con un nulo sentido, no sólo de la interdisciplinaridad de las asignaturas, y de la relación existente entre los conceptos de una misma materia, sino también de sus aplicaciones en la vida cotidiana. Además, y salvo excepciones, antes de acceder a la Facultad, los alumnos, han realizado muy poco trabajo experimental.

Todo esto contribuye a la desorientación de la mayoría de los alumnos en las sesiones de laboratorio, que se ve acrecentada si, como es el caso, se proponen prácticas abiertas, en las que su iniciativa, trabajo autónomo y espíritu crítico son

esenciales para lograr en su totalidad el objetivo con el que se plantean estas experiencias.

La proximidad de la implantación de los créditos ECTS (Sistema Europeo de Transferencia de Créditos), que comporta un nuevo modelo educativo en el que tanto las programaciones como las metodologías se centran en la actividad del estudiante, y en el que la función del docente no se limita a su actividad de enseñanza sino que el profesor debe actuar como guía en el proceso de aprendizaje del alumno, nos obliga a proponer y valorar nuevas estrategias metodológicas que favorezcan e impulsen la autonomía del alumno a la hora de aprender.

Los mapas conceptuales creados por Novak (2), constituyen una respuesta a la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel (3) y son una herramienta que permite la representación gráfica de conceptos o conocimientos construidos de forma que las interrelaciones entre los conceptos son evidentes.

En palabras de Novak, "los mapas conceptuales son una poderosa herramienta para representar las estructuras de conocimiento del individuo y los cambios explícitos que tienen lugar en su conocimiento a lo largo del tiempo. Los mapas conceptuales son una herramienta potente para ayudar a los estudiantes a aprender cómo aprender" (4). La efectividad de esta herramienta didáctica aumenta cuando el trabajo de elaboración de los mapas se realiza en grupo, ya que promueve la discusión y el debate entre sus integrantes, fomentando el espíritu crítico tan necesario en el estudio de cualquier materia.

Una de las ideas bien establecidas en la psicología del aprendizaje es que no podemos "proporcionar" comprensión conceptual a los estudiantes: cada estudiante debe construir su propio esquema de conceptos y proposiciones. Sin embargo, este proceso puede ser facilitado proporcionando al alumno mapas conceptuales que pueden servir como andamiaje de ideas que aceleren el proceso de adquisición de bloques organizados de conocimientos por parte de cada estudiante (4).

Los mapas conceptuales constituyen una poderosa herramienta didáctica que puede ser utilizada en todas las etapas del proceso enseñanza-aprendizaje y dadas sus características: jerarquización de conceptos, selección de términos que van a ser centro de atención y el impacto visual, ya que permiten observar las relaciones entre las ideas principales de un modo sencillo y rápido (5,6), su utilización puede constituir un instrumento eficaz para el desarrollo del pensamiento científico de los estudiantes, porque en ellos se ponen de manifiesto las características esenciales de este tipo de pensamiento: el carácter jerárquico, el carácter integrador y la multiplicidad de descripciones.

## 2. OBJETIVO

Utilización de mapas conceptuales como herramienta, en la propuesta de prácticas abiertas de laboratorio de Fisicoquímica para la determinación de un calor de neutralización.

## 3. PLANTEAMIENTO Y METODOLOGÍA DE LA PRÁCTICA

¿Cuántas veces hemos visto que a un jugador lesionado en la rodilla, se le aplica una bolsa, que contiene algo misterioso que impide la hinchazón posterior al golpe porque enfría la zona afectada?

¿Cuántas veces hemos escuchado la frase: como tengo acidez de estómago voy a tomar un poco de bicarbonato sódico?

Estos dos ejemplos que pertenecen a nuestra vida cotidiana, y que están sin duda relacionados con procesos cercanos e interesantes para los alumnos de la Licenciatura de Farmacia, son los elegidos para el desarrollo de la práctica. Al realizar la experiencia, el alumno encontrará explicación para los hechos anteriores.

La sesión práctica comienza proporcionando al alumno un mapa conceptual, en el que se recoge el objetivo de la práctica y la mayoría de los conceptos que en ella se manejan. En dicho mapa no se especifican el material, datos necesarios, y procedimiento experimental para la consecución de la experiencia, siendo los alumnos los que deciden acerca de estos aspectos. Para ayudarles en la toma de decisiones, el laboratorio de prácticas cuenta con medios que permiten al alumno cualquier consulta de tipo bibliográfico, sin olvidar la continua presencia del profesor durante toda la sesión práctica. De esta forma, la práctica queda propuesta de forma abierta.

Con el fin de fomentar el debate, el espíritu crítico y el trabajo en equipo los alumnos desarrollan la experiencia en pareja.

El mapa conceptual correspondiente a la práctica elegida es el que está recogido en la Figura 1.

Una vez finalizada la experiencia por parte de los alumnos y obtenido por tanto el calor de neutralización objetivo de la práctica, los alumnos reciben una lista de conceptos, afirmaciones y cuestiones, especificados en un apartado posterior, que deben responder y ubicar convenientemente en los conceptos del mapa.

La entrega de este material al profesor da por concluida la práctica para su posterior evaluación.

Este planteamiento y metodología de trabajo se desarrolla de forma análoga en las sesiones prácticas con docencia en euskera.

Por razones de espacio, a continuación se presenta únicamente el material elaborado en castellano.

## 4. DESCRIPCIÓN DEL MAPA

En el mapa presentado como guión de la práctica (Figura 1), se han querido utilizar colores (no apreciables en la edición impresa en blanco y negro de este documento) con el fin de hacerlo visualmente más atractivo y para resaltar la importancia de los distintos conceptos que en él aparecen. El fondo verde, que es un color relajante y no agresivo, permite utilizar y contrastar otros colores empleados para el fondo y caracteres de los conceptos que se pretenden destacar.

Debido a que el contenido de la experiencia está relacionado con el calor involucrado en las reacciones químicas y puesto que el rojo es un color que se asocia




Figura 1. *Mapa conceptual de la práctica elegida.*

bien con este concepto, éste es el color de fondo que ha servido para destacar los conceptos: calor de reacción, calor de disolución y calor de neutralización. En este último se ha resaltado, también en rojo, que su determinación constituye el objetivo de la práctica.

Todos los conceptos nuevos implicados en la experiencia se han recogido en fondo blanco y letras rojas y aquellos conceptos que no están directamente relacionados con la Termoquímica y que deben de pertenecer al "fondo de conocimientos previos" que el alumno debe de tener, van englobados en fondo blanco y letras negras.

El concepto "EXPERIMENTALMENTE" es el único expresado en fondo amarillo, con el fin de aportar luminosidad a la idea de que se va a determinar un calor de neutralización en el laboratorio, es decir de forma experimental y no mediante otros procedimientos más o menos teóricos, que, asimismo, podrían plantearse en clase.

Los conceptos "DISOLUCIÓN" y "NEUTRALIZACIÓN", aparecen destacados en fondo rosa asalmonado, ya que son los procesos que hay que realizar para poder determinar el calor de neutralización.

También se puede apreciar que figuran cuatro huecos en blanco, que el alumno, necesariamente, debe rellenar. Los dos del nivel superior, antes del comienzo del trabajo práctico que, obviamente, no puede desarrollar sin conocer la magnitud que ha de medir. Los otros dos huecos del nivel inferior, podrán ser completados durante el desarrollo de la experiencia, bien por observación directa, bien después de haber consultado el dato bibliográficamente.

El mapa presentado ha sido elaborado con la ayuda del programa CmapTools (*Knowledge Modeling Kit*) Beta versión 4.0 para Windows, Solaris, Linux y OSX. Dicho programa ha sido realizado por el *Institute for Human and Machine Cognition* (IHMC) (*University Affiliated Research Institute*) de la Universidad de *West Florida*.

## 5. CONCEPTOS, AFIRMACIONES Y CUESTIONES

Asocie los siguientes conceptos, afirmaciones o respuestas a las cuestiones que se le plantean a continuación, con su número correspondiente, a los conceptos que aparecen en el mapa.

1.- El calor generado o absorbido cuando determinada cantidad de soluto se disuelve en determinada cantidad de disolvente a presión y temperatura constantes.

2.- Vaso Dewar.

3.- ¿Qué es un proceso endotérmico?

4.- ¿Cómo ha preparado la disolución de ácido clorhídrico 1M?

5.- Cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un sistema en un grado.

6.- ¿Cómo lo ha hecho?

a.- Disolviendo "m" gramos de hidrógenocarbonato de sodio en "V" ml de agua en un erlenmeyer.

b.- Disolviendo "m" gramos de hidrógenocarbonato de sodio en agua contenida en un vaso de precipitados.

c.- Disolviendo “m” gramos de hidrógenocarbonato de sodio en “V” ml de agua en un matraz aforado.

d.- Disolviendo “m” gramos de hidrógenocarbonato de sodio en agua y diluyendo en un matraz aforado.

7.- Manifestación energética involucrada en una reacción química.

8.- ¿Qué es un proceso exotérmico?

9.- Escriba las ecuaciones químicas correspondientes a los procesos de:

a.- Disolución de ácido clorhídrico.

b.- Disolución de hidrógenocarbonato de sodio.

c.- Neutralización.

d.- Disolución de nitrato amónico.

10.- ¿De qué factores depende el calor de disolución?

11.- No intercambia calor con el entorno.

12.- ¿Qué datos ha necesitado consultar para la realización de la experiencia? Enumérelos, especifique su valor y comente muy brevemente en qué concepto del mapa los ha necesitado.

13.- J/grado · g.

14.- ¿Cuál es la que ha utilizado?

a.- $q = m.c_e.\Delta T$

b.- $q = C.\Delta T$

c.- $q = m.c_e.\Delta T + C.\Delta T$

d.- $m.c_e.\Delta T + C.\Delta T + q = 0$

15. - Exprese el resultado de la práctica como variación de entalpía por mol de ácido neutralizado.

16. - ¿Qué asignaría a los conceptos del Mapa a los que no haya asociado ningún número de la lista anterior?

**REFERENCIAS**

1. D. Hodson, *Enseñanza de las Ciencias*, **1994**, Vol. 12, 299

2. J.D. Novak, *A theory of educations*; N.Y. Cornell University Press, Ithaca (1997).

3. D.P. Ausubel, J.D. Novak, H. Hanesian, *Educational psychology: A connitive view*, Holt, Reinehart&Wiston, Ed. Werbel& Peck, New York (1986).

4. J.D. Novak, *Discurso de Aceptación como Doctor Honoris Causa de la Universidad Pública de Navarra*, Universidad Pública de Navarra. Dirección de Comunicación (2003).

5. F. Díaz Barriga, G. Fernández, *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*, Ed. McGraw Hill, Méjico (1988).

6. O. Gutiérrez, *Didácticas Universitarias*, CEPES, Universidad de La Habana (1987).

# ESTRATEGIAS MOTIVACIONALES ENCAMINADAS A DISMINUIR LA TASA DE FRACASO EN LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA DE ASIGNATURAS DE FÍSICA Y QUÍMICA

***José Ramón Hernández*** [1]***, Felipe Uriondo*** [1]***, Luis Rubio*** [1]***, Marian Olazábal*** [2]***,***
***Juan M. Gutiérrez-Zorrilla*** [2]***, Luis Lezama*** [2]
[1]Escuela Superior de Ingeniería, Universidad del País Vasco
Alameda de Urquijo s/n, 48013 Bilbao. iephegoj@bi.ehu.es
[2] Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco
Apartado 644, 48080 Bilbao. qipguloj@lg.ehu.es

*En este documento se presentan los trabajos realizados y las conclusiones obtenidas en un proyecto PIE (Proyecto de Investigación Educativa) de la UPV/EHU con el que pretendemos reducir la tasa de abandono y el fracaso que se da en una medida preocupantemente elevada en las carreras científico-técnicas, a través de la aplicación de estrategias motivacionales. Estos trabajos se agrupan en tres bloques: realización de encuestas para la determinación del perfil motivacional, aplicación en el aula de diversas estrategias motivacionales y creación de grupos de discusión para el análisis y diseño de las actividades.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Muchos de nuestros alumnos abandonan las carreras sin haber concluido el curso, especialmente después de los primeros exámenes, debido a que los resultados no se corresponden con sus expectativas, lo cual resulta muy desmotivador, y muchos de ellos optan por cambiar de carrera o simplemente abandonar.

Por otra parte, el número de estudiantes repetidores en carreras científico-técnicas es desgraciadamente muy elevado y creciente. Estos alumnos abordan la asignatura con una predisposición negativa hacia la misma, que se plasma en dos pautas de actuación: baja asistencia a clase y repetición de los errores de estrategia de aprendizaje del curso anterior.

Con el objetivo de reducir estas deficiencias, se han estudiado algunos de los factores que influyen en la motivación del alumno y se han adoptado una serie de medidas que tratan de reducir el índice de fracaso y abandono en distintas asignaturas.

Para la consecución de los objetivos mencionados se planteó, resumidamente, la siguiente metodología:

1. Realización y análisis de encuestas.
2. Aplicación de estrategias motivacionales de aula física y virtual.
3. Creación de grupos de discusión.

## 2. ACTIVIDADES REALIZADAS

### 2.1. Las encuestas

**La elaboración del cuestionario**

La elaboración del cuestionario que los alumnos deben cumplimentar es un proceso que consta de las siguientes etapas:

- Creación de un primer borrador a partir de diferente bibliografía (1) y aportaciones de los miembros del equipo.
- Corrección de errores y sugerencias por parte del Servicio de Asesoramiento Educativo (SAE) de la UPV/EHU.
- Modificaciones realizadas a partir del análisis del cuestionario en unos grupos de discusión formados por alumnos voluntarios.
- Modificaciones realizadas a partir del análisis de los resultados de las encuestas realizadas anteriormente.

Realmente, estamos inmersos en un proceso dinámico de mejora continua, ya que en el análisis de los resultados obtenidos en cada encuesta se detectan nuevos errores y a partir de su corrección, se realizan mejoras en los cuestionarios, cuyo análisis, a su vez, conduce a nuevas mejoras.

**El cuestionario**

El cuestionario consta de los siguientes bloques:

- Un bloque de cabecera con datos identificativos generales y un código generado por el alumno que permite identificar a un encuestado en futuros cuestionarios manteniendo su identidad en el anonimato.
- Un primer bloque de 16 preguntas de carácter académico (nota de entrada a la Universidad, asignaturas cursadas, asistencia a academias, …).
- Un segundo bloque de 11 cuestiones sobre su perfil motivacional.
- Un último bloque de 33 preguntas sobre estrategias motivacionales, en cuanto a la introducción y desarrollo de las clases, y la evaluación.

**Los perfiles motivacionales**

La caracterización de las motivaciones presentes en el alumnado la hemos realizado a través de la identificación con cinco perfiles motivacionales que se presentan en cinco breves historias, en las que se presentan estas cinco actitudes:

- Interés por aprender.
- Afán de lucimiento.
- Miedo al fracaso.
- Salvaguarda ante todo de la autoestima.
- Realización del mínimo esfuerzo.

En las primeras encuestas que realizamos planteamos la identificación con una única historia de las cinco presentadas. Este planteamiento, a la luz del análisis de los resultados de la encuesta, la crítica de los grupos de discusión, la consulta a los expertos del SAE y nueva bibliografía consultada (2), resultó erróneo. Para corregir este defecto en las encuestas realizadas este curso hemos presentamos la adhesión en

un porcentaje dividido en cinco tramos a cada perfil. Con este cambio hemos conseguido una mejor caracterización de la motivación de nuestros alumnos.

Por otra parte, en el trabajo de análisis realizado en los grupos de discusión, se han detectado algunas carencias en estos perfiles. Por ejemplo, la ausencia de una situación de fracaso prolongado. Esta observación nos ha impulsado a plantearnos su modificación y redefinición para hacerlos más ajustados a la realidad de nuestros alumnos.

**Procesado y tratamiento estadístico de los datos**

Para automatizar el proceso de la lectura de las encuestas, éstas se realizaron mediante hojas de lectura óptica. Con este procedimiento, la adquisición de los datos es más rápida, se evitan errores y se facilita su posterior tratamiento estadístico.

Para extraer conclusiones de los datos obtenidos mediante las encuestas se ha optado por emplear el programa SPSS (v 11.0). Las técnicas estadísticas que se han empleado son, resumidamente, las siguientes:

- Estadísticos descriptivos: la media, la mediana, la moda y la desviación típica para ordenar las respuestas de los alumnos en cuanto a grado de importancia.
- Tablas de frecuencia para saber cómo se distribuían las contestaciones a cada una de las preguntas.
- Tablas de contingencia para comparar las respuestas a distintas preguntas.
- Análisis de correlaciones para determinar grupos de preguntas homogéneos en cuanto a las respuestas para los alumnos.
- Análisis de la varianza para tratar de determinar si realmente los grupos de alumnos que inicialmente se planteaban responden de maneras distintas en función del grupo de pertenencia.
- Análisis de conglomerados, para analizar y estudiar cuáles son realmente los "grupos naturales" de alumnos y cuáles son las características diferenciales entre ellos.

**Resultados de las encuestas**

Como resultados significativos de las encuestas señalamos, en primer lugar, la identificación de perfiles motivacionales del colectivo total de alumnos.

Tal y como se muestra en la Figura 1, tenemos un 67,5% de los alumnos con una actitud negativa en clase, frente a un 19,91% que mantienen una actitud positiva.

Hay que señalar que en la lectura de los resultados de estas encuestas existe un sesgo, que viene dado por las fechas en que fueron realizadas: con posterioridad a la realización del primer parcial. Estas circunstancias hacen que la presencia de los alumnos que abandonan tras los primeros exámenes y los repetidores, que no acuden habitualmente a las clases, sea escasa. No resulta nada fácil acceder a los alumnos que abandonan o repetidores en unas condiciones aceptables para este tipo de estudios. Esta situación puede explicar que nuestras medias de valoración de estrategias motivacionales sean superiores a las obtenidas en los estudios de Alonso Tapia (2). Para corregir este sesgo en este curso, por un lado, se ha adelantado la fecha de realización de la encuesta, para evitar la pérdida por abandonos tras el primer parcial; por otro lado, se han realizados cambios en el sistema de evaluación, introduciendo

una bonificación en la realización de las prácticas de laboratorio. Con esta medida hemos conseguido, además de la estimulación en la realización de las prácticas, un doble beneficio: acceder a los alumnos repetidores de una forma natural (pues son ellos, por su interés, quienes vienen) y mantener el contacto con los alumnos que pudieran abandonar tras el primer parcial.

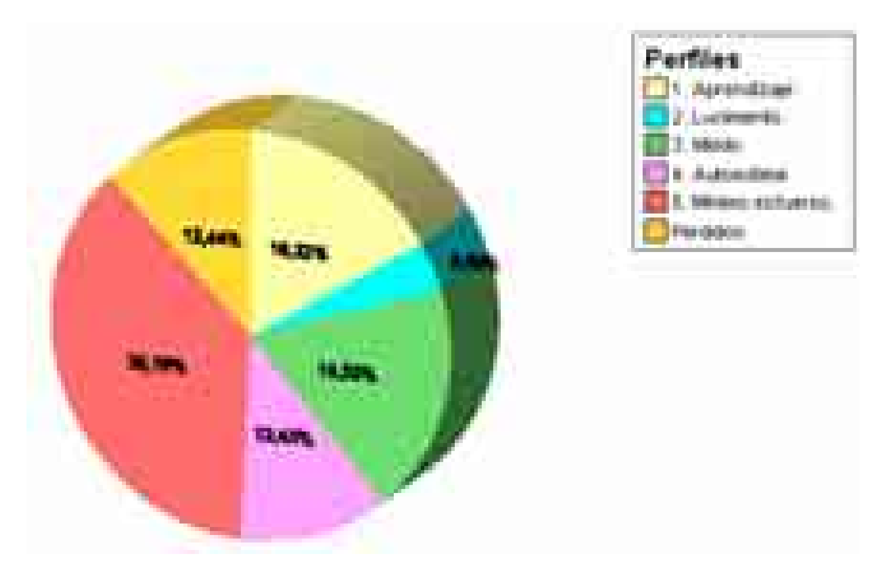



Figura 1. *Perfiles motivacionales en conjunto*.

En cuanto a las estrategias más y menos valoradas por los alumnos las hemos agrupado por su diferencia marcada en dos bloques correspondientes a cada uno de los dos Centros en los que hemos desarrollado el estudio: la Facultad de Ciencia y Tecnología y la Escuela de Ingeniería de Bilbao.

**Facultad de Ciencia y Tecnología**

Los aspectos que más han valorado los alumnos de este Centro son los siguientes:

- La posibilidad de preguntar dudas en cualquier momento de la clase.
- Que el profesor se dirija a uno por el nombre.
- Que se puedan revisar los exámenes parciales.
- Que existan tutorías de repaso del primer parcial (respondida sólo por los alumnos que suspendieron el parcial).
- Que sea una asignatura de evaluación continua.
- La posibilidad de preguntar dudas a través de un correo electrónico.

**Escuela de Ingeniería de Bilbao**

Los aspectos más valorados por los alumnos en este centro son:

- Disponer de apuntes de la asignatura.
- Realización y disponibilidad de esquemas recopilatorios para cada tema.
- La realización de un examen parcial por cuatrimestre.

- El hecho de señalar si un tema o tarea es relevante para aprobar el examen.

- El hecho de señalar si el tema o tarea es relevante para resolver algún problema técnico real.

- La presentación de los temas a través de información novedosa o sorprendente para activar la curiosidad.

- La realización de exámenes con resolución de problemas y corrección manual.

- El hecho de señalar si un tema o tarea es relevante para mejorar alguna capacidad profesional.

Por otro lado, los aspectos más negativamente valorados por los alumnos son:

- Que las prácticas se hagan de forma obligatoria.

- La realización de exámenes con preguntas de desarrollo de un tema.

- Que el profesor plantee cuestiones en clase cuya respuesta tenga una pequeña valoración en la nota.

- Realización de trabajos voluntarios complementarios que no cuentan en la nota.

- Que las prácticas de laboratorio tengan una valoración en la nota.

Se observa como los alumnos de Ciencias se preocupan más de la interacción con el profesor mientras que los de Ingeniería se centran realmente en la evaluación, esto es, el objetivo es aprobar y, frente a esto, el resto es de menor importancia.

### 2.2. Estrategias de aula

A continuación exponemos las distintas actividades aplicadas para mejorar la motivación de los alumnos. Hay que señalar que no todas las estrategias han sido aplicadas en todos los grupos, por las condiciones particulares de cada grupo y asignatura, como número de alumnos, periodo de impartición, etc.

**Trato personalizado con los alumnos**

El primer día de clase se solicita a los alumnos que escriban, en una hoja, el apelativo mediante el cual desean ser tratados y que lo dejen encima de la mesa para que todos puedan verlo. Esto permite que el profesor conozca el nombre de todos sus alumnos y que todos los alumnos se conozcan entre sí por el nombre, lo que crea espíritu de grupo.

**Entrevista personal con el alumno a principio del curso**

En esta entrevista, se pregunta a los alumnos dónde han cursado el bachillerato, qué nivel de conocimiento de la asignatura traen del bachillerato y si tienen dificultades para seguir la asignatura. Y se les hace saber que, para aprobar la asignatura, es necesario estudiar desde el primer día, que la elaboración de un cuaderno de problemas les ayudará muchísimo y, en el caso de tener dudas, que pregunten o hagan uso de las tutorías.

**Entrevista con los alumnos suspendidos en el primer parcial**

En esta entrevista se analizan las causas de su baja calificación y se les anima a no abandonar la asignatura, haciéndoles que ver que con la subsanación de los errores cometidos podrán conseguir mejores resultados en próximos exámenes.

**Juegos de presentación**

Se han realizado una serie de juegos de presentación para crear grupo y una actitud emocional positiva para el desarrollo de la clase.

**Noticia de prensa relacionada con el tema en estudio**

Esta estrategia consiste en que un alumno busque una noticia de prensa relacionada con el tema de estudio y la exponga resumidamente ante el resto de la clase. El objetivo es evidenciar la utilidad práctica y cercana de lo que se estudia en cada tema.

**Representación de los conceptos principales de un tema**

Esta dinámica consiste en representar teatralmente, en grupos de tres a cinco personas, y de forma breve (cinco minutos), un mapa conceptual de cada tema. Con esta actividad se persigue un acercamiento más motivante a los conceptos, facilitar su comprensión y relación, fomentar el trabajo en grupo y desarrollar la capacidad de exposición en público.

**Desarrollo de páginas Web**

Se han desarrollado páginas Web que permiten: descargar los temas de la asignatura en formato pdf, acceder a otras páginas relacionadas con las asignaturas, formular preguntas y cuestiones al profesor, y consultar notas de exámenes parciales.

**Cuaderno de problemas**

Se realiza de forma individual y, a lo largo del curso, un cuaderno de problemas (200 problemas suministrados por el profesor) que resulta muy útil para preparar los exámenes de la asignatura. Se recoge tres veces durante el curso para proceder a su evaluación.

**Realización de problemas en grupos**

Se distribuyen los alumnos por parejas del mismo nivel (para que la discusión del problema sea biunívoca) e intenten, durante la hora de clase, la resolución de problemas tipo planteados por el profesor y con su ayuda si fuera necesario.

**Recogida de problemas hechos en clases tutorizadas**

De manera individual, el alumno debe realizar, en el aula, una serie de problemas con la ayuda del profesor, para completar el problema. Los problemas se recogen al final de la clase para su posterior corrección. En la siguiente clase se entregan a los alumnos dichos problemas corregidos y se comentan los errores más significativos. A los alumnos cuyo nivel mostrado en la realización de este tipo de problemas es claramente inferior al nivel normal de la clase, se les convoca a tutorías.

### 2.3. Los grupos de discusión

Estos grupos se han formado a partir de dos o tres alumnos por cada grupo académico de cada asignatura que se han prestado voluntariamente. El trabajo se ha desarrollado a través de un análisis individual del cuestionario y reuniones de puesta en común en un primer lugar por asignatura, si bien creemos que puede ser interesante reunir con esta finalidad a alumnos de distintas asignaturas y titulaciones.

Los frutos de esta colaboración son, cuando menos, prometedores y ha sido gratamente sorprendente la positiva actitud y disposición de los alumnos que están tomando parte en el proyecto.

## 3. CONCLUSIONES

Siguiendo la estructura establecida en el capítulo anterior vamos a establecer en este apartado las conclusiones que hasta la fecha hemos podido obtener en cuanto:

- Las encuestas.
- Las estrategias de aula aplicadas.
- Los grupos de discusión.

### 3.1. Conclusiones provisionales de las encuestas

- El grado de motivación disminuye con el tiempo de permanencia en la Universidad. A medida que el alumno avanza en sus estudios universitarios, el número de los mismos deseosos de aprender o sacar buenas notas disminuye y el objetivo principal pasa a ser el aprobado (obtención del Título) con el mínimo esfuerzo.

- Los estudiantes entienden que el modelo a seguir es el del alumno que lo que desea es aprender, y entienden que esa es la forma más adecuada de afrontar las asignaturas para superarlas con éxito. Su actitud es mejor cuanto más difícil sea la asignatura.

- Entre los aspectos que mayor valoración reciben por parte del alumnado se encuentran:

  – La disposición de apuntes cuando no se dispone de ellos.
  – La disponibilidad y cercanía del profesor.
  – Que el profesor se dirija al alumno por el nombre.
  – Tutorías de repaso.
  – Recalcar la importancia cara al examen del tema objeto de estudio.
  – La disposición de esquemas de cada tema.
  – Recalcar la aplicación práctica y profesional de los que se está estudiando.

Se observa que, a medida que aumenta el índice de fracaso en la asignatura, es mayor la preocupación con los temas referentes a la evaluación. Y por el contrario, que a menor índice de fracaso aumenta el interés por la interacción con el profesor.

- En función de las respuestas, los alumnos se pueden distinguir en dos grupos claramente diferenciados. Por un lado tenemos a los alumnos que desean una mayor interacción con el profesor y que esa interacción puntúe en la nota y, por otro lado, los otros, que desean pasar más desapercibidos y prefieren que sea, todo el proceso, más anónimo.

### 3.2. Conclusiones de las estrategias de aula

De entre las distintas actividades docentes realizadas en el aula para mejorar la motivación de los alumnos, los siguientes aspectos han sido muy positivamente valorados:

- El trato personalizado, que también les permite un mejor conocimiento de sus compañeros.

- La disponibilidad del profesor para resolver sus dudas, sobre todo en las clases tutorizadas de problemas.

- La presentación y explicación de temas de actualidad relacionados con la asignatura.

También hay que señalar que algunas estrategias, como la recogida de forma voluntaria de problemas realizados en clase, pueden no resultar especialmente bien aceptadas cuando el nivel de participación es bajo. Sin embargo, la misma estrategia realizada tras otras que fomentan la participación puede resultar más exitosa. En definitiva, el resultado de una estrategia es muy dependiente de su aplicación combinada con otras.

### 3.3. Conclusiones de los grupos de discusión

Los grupos de discusión han demostrado ser una herramienta útil como crítica tanto del cuestionario en general como de los perfiles motivacionales en particular. Además de los resultados directos obtenidos, estos grupos consiguen que el alumno se vea más involucrado en su propia enseñanza, algo que es, a todas luces, positivo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. C. Lobato, *La motivación en la enseñanza universitaria*, UPV/EHU, Leioa (2003).
2. (a) J. Alonso Tapia, *Motivación y aprendizaje en el aula. Cómo enseñar a pensar*, Santillana, Madrid (1991). (b) J. Alonso Tapia, *Motivar para el aprendizaje. Teoría y estrategias*, Edebé, Barcelona (1997). (c) J.A. Huertas, *Motivación. Querer aprender*, AIQUE, Buenos Aires (2001). (d) J. C. Núñez Pérez, J. A. González-Pienda, S. I. García Garcia, S. González-Pumariega, *Revista de Educación*, **1996**, Vol. 310, 337.

# QUÍMICA, UNA CIENCIA PARA TODOS

***Ana C. Cuñat*[1], *Ignacio Tuñón*[2], *José M. Moratal*[3]**
[1] Departamento de Química Orgánica. ana.cunat@uv.es
[2] Departamento de Química Física
[3] Departamento de Química Inorgánica.
Facultad de Química, Universidad de Valencia, Dr. Moliner, 50
Burjasot. 46100 Valencia

*El estudio de la Química está sufriendo en los últimos años serias dificultades en los distintos niveles educativos debido a múltiples factores. Empezando por las connotaciones negativas que se derivan de la imagen que se está dando de ella a través de los medios de comunicación, siguiendo por los cambios curriculares de los diferentes sistemas educativos que se han implantado en los últimos diez años y terminando por ignorar que muchos de los avances de ciertas áreas de la Ciencia, muy de moda en el siglo XXI, se deben, en parte, a los avances de nuestra disciplina. La Química se ha convertido en uno de los "patitos feos" de la Ciencia. Por ello, desde las Universidades se están promoviendo actividades para colaborar con los educadores de los niveles medios para difundir la disciplina y resaltar su extraordinaria contribución al desarrollo y bienestar social. En esta comunicación se muestran las actividades desarrolladas por la Universidad de Valencia con los estudiantes de segundo de bachillerato.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La Química está en nuestra vida y constituye un elemento primordial, entre otros aspectos, para el desarrollo de nuevos materiales, control de plagas, síntesis de fármacos, comprensión de fenómenos bioquímicos y en la búsqueda, en general, de soluciones para los problemas del siglo XXI. El desarrollo de la Química ha ido en paralelo con la Humanidad. El hombre, desde antiguo, ha utilizado las propiedades de las sustancias que le proporcionaba la naturaleza, con un sentido más acertado de lo que frecuentemente se estima. No sólo en la aplicación de sustratos naturales con fines terapéuticos u ornamentales, sino también en la preparación de nuevos materiales de interés a partir de materias primas naturales. De hecho, algunas edades históricas (del hierro, del bronce) reciben su nombre por el descubrimiento que el hombre hizo de las propiedades de estos materiales. Si nos paramos un momento a pensar, veremos que gran parte de los materiales que nos rodean y utilizamos en nuestra vida cotidiana están hechos de productos químicos conocidos desde hace tiempo o materiales de nueva preparación. En otras palabras, la Química está más cerca de nosotros de lo que nos podemos imaginar.

Desde la Universidad se están promoviendo diversas acciones-actividades para promover una imagen más positiva de la ciencia, y particularmente, las disciplinas de Física y Química colaboran en la difusión de las mismas en la sociedad.

Concretamente y centrando nuestra atención en la Química, la Universidad de Valencia de un modo similar a lo que también se lleva a cabo en otras Universidades (1), organizó a escala piloto en el curso 2003/04, unas sesiones de prácticas dirigidas a los estudiantes de segundo curso de bachillerato, con el doble objetivo de contribuir a la difusión de la química entre los estudiantes y establecer una colaboración más estrecha con los docentes de niveles de educación secundaria en la transmisión de los conceptos fundamentales de la disciplina. Además de estos objetivos principales, se planteó minimizar, en la medida de lo posible, la percepción negativa que los estudiantes de bachillerato tienen de ella: una disciplina difícil, que necesita de unas habilidades que no son necesarias en otros estudios como son un lenguaje específico, cálculos matemáticos, y experiencia en los laboratorios (2). Asimismo, se abordó la necesidad de transmitir a los alumnos la singularidad de esta disciplina experimental, lejos de las connotaciones negativas que actualmente pueda tener, mediante un trabajo experimental desarrollado en los laboratorios y que, al mismo tiempo, les introducía en el uso adecuado de las medidas de seguridad en el laboratorio y en el respeto al medio ambiente mediante el correcto tratamiento de los residuos generados.

## 2. MÉTODO DE TRABAJO

En unas reuniones preliminares entre los profesores de los Centros de Bachillerato y los de la Facultad de Química se establecieron los aspectos que podían ser más interesantes para los estudiantes. La idea que inicialmente se tenía en mente era que el estudiante percibiese la Química cómo lo que es: la Ciencia que estudia la composición y estructura de la materia y las transformaciones de ésta. En ese sentido, se perseguía que los estudiantes observaran cómo se producen cualitativamente los cambios químicos y como se pueden cuantificar dichas transformaciones. Para ello, se buscaron ejemplos de aspectos relacionados con la vida cotidiana, así la Química "aparece más cercana", y todavía más cuando en el laboratorio ellos mismos realizan las transformaciones. Quizá lo destacable de esta actividad sea el hecho de que es el propio estudiante el que realiza la práctica, no es mero observador, sino que por un día es estudiante en prácticas, capaz de descubrir mediante la observación y la manipulación (3). Por esta última razón, los estudiantes que participaron son, tanto los que cursaban la asignatura optativa de Técnicas de Laboratorio, como los que estudiaban únicamente la asignatura de teoría, Química. Nuestra intención ha sido la de ofertar una actividad extraescolar con alcance científico sin la pretensión de que sea considerada como laboratorio complementario del programa que en segundo de bachillerato se tiene que impartir.

Teniendo presente todas estas consideraciones se confeccionó el siguiente esquema para la jornada de estancia en la Facultad:

- Charla de bienvenida: media hora de exposición de los aspectos más importantes de la Química en conexión con la sociedad y presentación de los estudios de esta disciplina en la Facultad.

- Trabajo en el laboratorio: tres horas de estancia en el laboratorio que se estructuran de la manera siguiente:

- Distribución de material de seguridad (bata, guantes y gafas) y presentación de las normas básicas de seguridad en el laboratorio.
- Realización de prácticas por parte de los alumnos.
- Realización de demostraciones por parte de los profesores.
- Valoración de la jornada a través de una encuesta anónima y despedida.

Como guía docente para la jornada se elaboró un cuadernillo que recogía las medidas de seguridad mínimas y cada una de las experiencias con los pasos a seguir detallados con gran precisión. Se pretende que el estudiante entre en contacto con el método científico para lo que se le plantean hipótesis, se establecen dispositivos y experiencias, los estudiantes toman datos y hacen observaciones, y finalmente deducen sus conclusiones. Además, se incluyeron cuestiones que ayudaron a la comprensión de lo que se pretendía.

En el laboratorio, los estudiantes trabajaron por parejas, y para minimizar la sensación de que acudían a la Facultad "de visita", se pensó que la participación de los profesores de los Centros de bachillerato debería ser al mismo nivel que la de los profesores universitarios. Por tanto, cada profesor (de bachillerato o universitario) tuvo a su cargo un grupo de diez estudiantes durante toda la sesión de prácticas, lo que propició también un intercambio de experiencias entre los docentes de los diferentes niveles educativos.

## 3. CATÁLOGO DE PRÁCTICAS

Centrando nuestra atención en el medio ambiente, nadie discute que es necesario y urgente mantenerlo en las mejores condiciones posibles. El agua es el medio fundamental para la vida y es crucial para las actividades humanas. La circulación del agua a través de los diferentes reservorios naturales se conoce como ciclo del agua. La Química nos ofrece las herramientas necesarias para detectar y solventar la contaminación de nuestros ríos, lagos, mares, etc. Con esta idea se propuso una experiencia de detección de la presencia de níquel, cobre o cromo a niveles superiores a los permitidos en aguas de consumo. Para el estudio se hizo uso de la Química analítica cualitativa, haciéndoles ver que la experiencia iba a ser muy parecida a un juego de detectives. En Química, las pistas que se observan son pruebas de que determinadas especies pueden estar presentes en el agua. Estas pruebas son los cambios químicos que se observan. En análisis cualitativo se hace uso de estos cambios (las pistas) para identificar la presencia de los componentes (el culpable) de una disolución de composición desconocida (el caso). En estos experimentos, los estudiantes analizaron el comportamiento de tres disoluciones de tres sales de níquel, cobre y cromo, respectivamente, al tratarlas independientemente con disoluciones de hidróxido sódico, amoníaco acuoso y ioduro potásico. Haciendo cuidadosas observaciones, que se acompañaron de las correspondientes ecuaciones químicas, se detectaron pruebas de que se estaban produciendo reacciones químicas, tales como

aparición de precipitados, cambios de color, etc., que se indicaron en una tabla que ayudó a reconocer el comportamiento característico de los iones metálicos. Posteriormente se detectó la presencia de uno de estos iones metálicos en una disolución problema, repitiendo los mismos ensayos con dicha muestra.

Según el Diccionario de la RAE, la Electroquímica es "la parte de la Fisicoquímica que trata de las leyes referentes a la producción de la electricidad por combinaciones químicas, y de su influencia en la composición de los cuerpos". Este enunciado sintetiza el área de actuación de una rama de la Ciencia y la Tecnología que está presente en situaciones tan comunes como el empleo de pilas para el funcionamiento de aparatos eléctricos y de baterías para el arranque de vehículos a motor, o la pérdida de propiedades de un objeto metálico a causa de la corrosión.

A la vista de todo ello, está claro que las tecnologías electroquímicas ocupan un lugar de privilegio en la economía moderna, proporcionando materiales, procesos y dispositivos esenciales para el progreso y el bienestar de la sociedad. El experimento que se propuso con el objetivo de ilustrar esta parte de la Química fue un sencillo proceso de electrodeposición de cobre. Mediante la construcción de una celda electrolítica con una fuente externa de alimentación eléctrica se observó la electrodeposición de una capa de cobre sobre un objeto metálico, -como por ejemplo un *clip*- que actúa como cátodo de la celda. El electrolito es una disolución de sulfato de cobre (II) que aporta iones $Cu^{2+}$. Por último, el ánodo es una lámina de cobre metálico. De esta manera, en el cátodo se va formando un precipitado de cobre que se deposita como una fina capa de color rojizo en la superficie del *clip*. Los estudiantes pueden cuantificar la masa que se ha depositado en el clip, así como la masa que ha perdido la lámina de cobre.

A partir de estos datos experimentales obtenidos y conociendo el tiempo que ha durado la electrodeposición así como la intensidad de la corriente que ha circulado puede comprobarse la validez de la primera ley de Faraday. Esta ley enunciada, por Michael Faraday en 1833, indica que: "La masa de sustancia liberada en una electrólisis es directamente proporcional a la cantidad de electricidad que ha pasado a través del electrolito".

Durante el proceso de electrodeposición, se determina la intensidad de corriente que ha circulado (I, expresada en amperios) y el tiempo que ha durado la misma (t, medido en segundos). A continuación, es fácil averiguar los moles de electrones que han circulado y, por tanto, predecir la masa de cobre que se deposita en el cátodo a partir de la estequiometría del proceso. Los estudiantes pueden así comparar este resultado teórico con el valor experimental, permitiéndoles comprobar la validez de las predicciones de la ley de Faraday.

En conexión con el interés por la preparación de nuevos materiales, los estudiantes procedieron a la síntesis de nylon 6, 6, una sustancia de gran utilidad industrial y que forma parte de un conjunto de compuestos (los polímeros) que por su estructura general se diferencian en sus propiedades de las moléculas discretas a las que están

más acostumbrados (5). Esta experiencia nos permitió introducir los aspectos relacionados con las interacciones de las moléculas que constituyen la materia.

Mediante una sencilla explicación, en conexión con los conocimientos que tienen de otras áreas de la Ciencia, los estudiantes intuyeron que las moléculas no están aisladas, sino que interaccionan con las entidades químicas que tienen a su alrededor mediante interacciones intermoleculares, ya sea con moléculas del disolvente o moléculas vecinas. En este caso concreto, hablamos de las interacciones por puentes de hidrógeno; los mismos que contribuyen a mantener la estructura de doble hélice del ADN, poniéndose de manifiesto la relación que existe entre las diferentes áreas de la Ciencia. Por otra parte, se hizo hincapié en la importancia tecnológica de los polímeros sintéticos, un tipo de compuestos que más han impactado en la sociedad moderna.

Nylon es el término que, en general, recibe un conjunto de sustancias caracterizadas estructuralmente por la presencia de agrupaciones de poliamida (agrupación amida repetitiva en la cadena) que tienen como características principales una gran resistencia y capacidad de hilarse lo que hace que puedan utilizarse como fibra. Los estudiantes trabajaron en las vitrinas de los laboratorios, en donde combinaron una disolución de la hexilendiamina con un derivado de ácido dicarboxílico (cloruro de hexanodioilo), para formar la agrupación amida característica de estas poliamidas y observaron la formación de la fibra que ellos mismos "estiraban".

Otro aspecto importante en la comprensión de la Química al nivel de segundo de bachillerato va asociado al cambio en la apreciación que el estudiante tiene sobre la Ciencia en general. En ese sentido nos pareció oportuno presentar una experiencia en la que relacionaran, sin mucha dificultad, los aspectos descritos en cursos previos sobre los elementos químicos, con su comportamiento químico. El oxígeno (O) es el tercer elemento químico más abundante en el Universo, después del hidrógeno (H) y el helio (He). Se trata de un elemento esencial para la vida. El aire que respiramos contiene principalmente $O_2$ (g) y $N_2$ (g). El elemento oxígeno se encuentra asimismo en la corteza terrestre combinado con otros elementos.

La combinación de silicio y oxígeno (silicatos y sílice) constituye las tres cuartas partes de la corteza terrestre. En cuanto a su carácter químico, el oxígeno tiene la capacidad de oxidar otras sustancias. Con la materia orgánica, este proceso puede ser rápido e intenso, como en un fuego; o puede ser suave y lento como en un ser vivo.

En esta experiencia se pretende observar el efecto del oxígeno disuelto en el agua. La presencia de un indicador redox (sustancia que presenta diferente coloración en función del grado de oxidación) señala las características oxidante-reductoras del medio de reacción (6). Si el agente oxidante que estamos utilizando es el oxígeno, en presencia del mismo el indicador esta oxidado y con la coloración propia de esta forma, mientras que a medida que el oxígeno se consume el indicador vira hacia la coloración de la forma reducida.

En esta experiencia se utilizó azul de metileno como indicador, que en su forma oxidada es azul, mientras que en su forma reducida es incoloro. Al agitar una botella cerrada que contenía una mezcla, en medio alcalino, de glucosa y azul de metileno, los estudiantes favorecían a que el $O_2$ (g), un gas poco soluble en agua, se disolviera parcialmente, consiguiendo de este modo que el oxígeno promoviese el cambio químico, esto es, la oxidación del indicador, hecho que se puso de manifiesto por la coloración azul que adopta la disolución. Con el paso del tiempo, la glucosa fue reduciendo la forma oxidada del indicador y, por tanto, la disolución se volvió progresivamente incolora.

Un laboratorio de Química contiene productos químicos de diversa naturaleza. Estos deben ser manipulados con cuidado, siendo conscientes de que sin un conocimiento previo podríamos exponernos a un riesgo innecesario. Por ello debemos conocer las características de las sustancias. Estas deben almacenarse en los espacios habilitados para ello, teniendo en cuenta que la incompatibilidad entre los compuestos químicos y la tendencia a emitir gases de algunos de ellos son aspectos que condicionan su conservación. En la última experiencia propuesta se pretende incidir en este tipo de aspectos mediante un ejemplo sencillo que encontramos en la reacción que se produce por la difusión de gases provenientes de disoluciones de un ácido (HCl) y una base ($NH_3$) depositados en sendas cubetas en los extremos de un tubo cerrado (7). Al cabo de unos minutos observaron la formación de una nube de cloruro de amonio sólido. La luz láser se hace visible por la dispersión que provocan las partículas de cloruro de amonio que se forman en suspensión. Además de discutir con los alumnos las implicaciones en materia de seguridad y almacenaje, esta experiencia permite introducir conceptos sobre la movilidad molecular y la interacción entre luz y materia.

Para finalizar la sesión se desarrollaron algunas demostraciones por parte de los profesores. En concreto, se realizó una combustión de madera en atmósfera rica en oxígeno, obtenida por descomposición de clorato de potasio (8). Esta demostración permite completar la discusión sobre el efecto del oxígeno como reactivo químico, introducida ya en la práctica del oxígeno y el agua. Se invita a los alumnos a plantearse cuáles serían las consecuencias de vivir en una atmósfera de oxígeno puro y comprender entonces la importancia de las concentraciones en los procesos químicos. La siguiente demostración es la reacción entre aluminio metálico y yodo sólido. El objetivo de esta experiencia es múltiple. Por un lado, teniendo en cuenta que muchos de los estudiantes no han abordado todavía el tema de reacciones redox, se explica la reacción como un ejemplo de proceso exotérmico. Además, se abordan otros aspectos como son la sublimación del yodo o el problema que presenta una reacción en fase sólida. La última demostración realizada se basó en analizar el efecto del nitrógeno líquido sobre distintos objetos (un globo, una rosa, materiales elásticos y productos comestibles), incidiendo de esta manera en diferentes conceptos físico-químicos (ley de los gases, movilidad molecular y cambios de estado, respectivamente) así como sus aplicaciones industriales.

## 4. RESULTADOS

En el curso 2003/04 participaron en la mencionada experiencia veintisiete Centros de Educación Secundaria, con un total de 550 estudiantes. Cada Centro acudió a la Facultad de Química con un profesor y todos trabajaron en colaboración con catorce profesores de la Facultad que contaron con la asistencia de un técnico de laboratorio. El resultado de la experiencia fue gratamente satisfactorio, tanto por la impresión de los profesores como por la apreciación que los estudiantes, de un modo informal, hicieron posteriormente en cada uno de sus centros.

Dada la buena acogida que tuvo dicha actividad, se decidió extenderlo en su segunda edición, la que corresponde al curso 2004/05, a todo el territorio de influencia de la Universidad de Valencia. En esta edición han participado setenta y dos centros (50% del censo de Centros) con un total de 1450 estudiantes. Los grupos numerosos acudieron a la Facultad con dos profesores. Todos ellos colaboraron con veinticuatro profesores de la Facultad y con tres técnicos de apoyo. En la presente edición los estudiantes contestaron una encuesta en la que valoraron el grado de satisfacción de la experiencia, cuyos resultados se muestran a continuación.

Este grado de satisfacción se ha determinado por el análisis estadístico de cada uno de los bloques referentes a cada una de las experiencias y sobre la jornada en general. Cada uno de los bloques correspondientes a las experiencias constaba de cuatro afirmaciones que calificaron de 1 a 5 según estuvieran nada o muy de acuerdo con las mismas. Éstas hacían referencia al atractivo de la experiencia, si les había parecido instructiva, entretenida, si habían entendido los principios químicos o si les había resultado útil para aclarar conceptos. Mientras que en el caso de las preguntas sobre la jornada los aspectos eran más generales y estaban más relacionados con la percepción de la química, la utilidad que la actividad había tenido para aclarar conceptos o si les había resultado amena la charla inicial y la visita en su conjunto a la facultad.

En la siguiente tabla se muestra el valor medio ($\bar{x}$) de cada uno de los bloques con la desviación estándar (s) y el número de estudiantes (N) que contestaron a las encuestas. Hay que comentar que había unas experiencias que realizaron todos los estudiantes y otras que se propusieron para que los centros escogieran según les pareciera. Es por ello que todos los bloques no han sido contestados por igual número de estudiantes.

| | $\bar{x}$ | s | N |
|---|---|---|---|
| *Análisis Cualitativo* | 3.92 | 0.69 | 706 |
| *Electrodeposición* | 3.67 | 0.67 | 1165 |
| *Síntesis Nylon 6, 6* | 3.97 | 0.68 | 1165 |
| *Reacción del Oxígeno en Agua* | 3.98 | 0.69 | 537 |
| *Efusión de Gases* | 3.82 | 0.78 | 582 |
| *Demostraciones* | 4.21 | 0.71 | 1144 |
| *Presentación Jornadas y Materiales* | 3.72 | 0.53 | 1165 |

En generalm, el resultado ha sido muy satisfactorio, obteniéndose un valor medio de alrededor de 3,9. La valoración más alta se ha obtenido para las experiencias recogidas bajo el epígrafe de *Demostraciones*, quizás por su carácter más espectacular y vistoso. El resultado más bajo corresponde a la *Electrodeposición*, probablemente debido a que esta experiencia venía acompañada de un pequeño tratamiento cuantitativo, utilizando conceptos como las leyes de Faraday que no todos habían visto a las alturas del curso en que se realizó la visita. Merece la pena señalar también algunos aspectos concretos de la encuesta, tales como el reconocimiento de la utilidad de las experiencias para asimilar algunos conceptos estudiados durante el curso y el cambio positivo experimentado en su percepción de la Química.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean manifestar su agradecimiento a todos los profesores que han puesto a punto los experimentos, así como a los profesores y personal técnico que han participado en la actividad.

## REFERENCIAS

1. F.A. Centellas, M. Corbella, G. Fonrodona, J. Granell, C. González, E. Nicolás, *Fem Química al Laboratori,* Editado por la Universitat de Barcelona.
2. S.W. Breuer, *U. Chem. Ed.*, **2002**, Vol. **6**, 13.
3. A.H. Johnstone and A. Al-Shuaili, *U. Chem. Ed.*, **2001**, Vol. **5**, 42.
4. R.H. Petrucci, W.S. Harwood y F.G. Herring, *Química General,* 8ª Ed. Prentice Hall. Madrid (2002). R. Chang, *Química,* 7ª Ed, Mc Graw Hill, Madrid (2003).
5. A. Horta, C. Sánchez, A. Pérez, I. Fernández, *Los Plásticos más usados,* UNED, Madrid (2000).
6. T. Lister, *Experimentos de Química clásica,* Ed. Sintesis, Madrid (2002).
7. G. Pinto, *Ed. Chem.*, 2003, Vol. 40, 80.
8. B. Z. Shakhashiri, *Chemical Demonstrations, University of Wisconsin Press,* Madison. H. Römpp, *Química Inorgánica Experimental,* Ed. ARS, Barcelona.

# EL RETROPROYECTOR EN LA ENSEÑANZA DE PROBLEMAS DE FÍSICA

***J.C. Jiménez Sáez, M.J. Rosado Alija, R. Miranda García***
Departamento de Física y Química Aplicadas a la Técnica Aeronáutica,
E.U.I.T.Aeronáutica, Universidad Politécnica, 28040 Madrid
jjimenez@euita.upm.es

*En este trabajo se analizan las ventajas y los inconvenientes que presentan los medios visuales, en especial el retroproyector, cuando se emplean con fines docentes. El enfoque adoptado para ello tiene muy en cuenta la percepción de los estudiantes y se basa en una encuesta realizada a un grupo representativo constituido por universitarios de primer curso. Estos universitarios presentan una particularidad; y es que todos ellos han recibido clases de problemas de Física durante un cuatrimestre mediante un método dual que combina pizarra y transparencias. La finalidad no ha sido otra que obtener una serie de conclusiones que permitan mejorar el uso del proyector de transparencias como recurso didáctico.*

## 1. INTRODUCCIÓN

El empleo de los medios audiovisuales en la enseñanza en general y, de la Física en particular, es imparable y progresivo debido al continuo desarrollo de la Informática. Clases grabadas en formato digital que se pueden visualizar en la pantalla de un ordenador, ejercicios que se efectúan secuencialmente gracias a un programa informático, o tests de preguntas corregidos y evaluados por el entorno *web*, como el programa Aulaweb (1), para que los alumnos se ejerciten, son ejemplos de las muchas variantes novedosas que se han introducido en el campo de la enseñanza. Sin embargo, en la transmisión de conocimientos sobre Física, estos recursos vanguardistas sólo se pueden implantar en muy pequeña medida, debido a condicionantes intrínsecos como son el número de alumnos, su formación previa, la falta de motivación de muchos de ellos, etc. Por eso, el estudio que nos ocupa recoge la problemática existente entre la aplicación de dichos recursos y la enseñanza de problemas de Física.

Gran parte de las instituciones y de los responsables educativos han apostado por una modernización de las técnicas didácticas, pues conscientes del poder que las nuevas herramientas de comunicación ofrecen a la hora de desencadenar mecanismos de atención, percepción e inteligencia, no quieren desaprovechar la oportunidad de mejorar la calidad de nuestro sistema educativo. Nosotros también creemos necesario trasladar los avances producidos en la sociedad actual al campo de los conocimientos y evitar, de esa manera, un desajuste técnico entre los métodos de estudio y la vida real. Nuestro objetivo es que el alumno aprenda a resolver problemas eficazmente, es decir, queremos que optimice el tiempo que invierte en el proceso de aprendizaje.

En este sentido, ya hemos presentado en anteriores congresos diferentes metodologías de resolución de problemas (2). Pero todavía debemos superar algunas barreras informáticas, como la creación de programas más flexibles que agilicen el proceso de transformación de la información conceptual en información manipulable. Urge desarrollar mecanismos para trabajar con contenidos que permitan un mayor margen de maniobrabilidad al docente en el ejercicio de su trabajo.

## 2. OBJETIVOS

Con el fin de determinar y analizar las posibles dificultades a las que los alumnos han de hacer frente cuando se aplican en la enseñanza recursos como el retroproyector, se impartió durante un cuatrimestre la asignatura de "Problemas de Física" a estudiantes de primero de una Escuela de Ingeniería utilizando conjuntamente pizarra y transparencias. Al finalizar ese periodo, les distribuimos una encuesta para conocer sus impresiones y poder establecer conclusiones sobre su experiencia.

La estrategia seguida consistió en observar los que, a nuestro juicio, son los factores determinantes en la asimilación de materias:

1/ entorno (primer bloque de la encuesta, relativo al ambiente en clase).

2/ metodología del profesor (segundo bloque, referente a la forma de explicar).

3/ captación y recogida de datos (tercer bloque, sobre la manera de atender).

4/ procesamiento de la información (cuarto bloque, concerniente al modo de estudiar).

El posterior análisis de los datos obtenidos ha permitido esbozar, si bien a grandes rasgos, el panorama universitario actual en la enseñanza de asignaturas técnico-científicas en lo que respecta al tema que aquí se aborda.

Antes de continuar, queremos recalcar algunos aspectos previos.

- No pretendemos ofrecer resultados absolutos sobre el tema porque, entre otras cosas, la muestra de población estudiantil sujeta a investigación debiera ser más amplia y estar sometida a diferentes condicionantes (variar la asignatura, el profesor, etc.).

- Sólo hemos querido dejar constancia de las principales dificultades que pueden encontrar los alumnos cuando el método docente incluye este tipo de recursos didácticos.

- Los resultados obtenidos son sólo aplicables al nivel universitario porque en las respuestas recogidas pesa enormemente el historial académico de los estudiantes; factor que también condiciona la forma en la que el docente sintetiza los conocimientos en las transparencias. La formación académica previa de los alumnos influye considerablemente a la hora de exponer nuevos contenidos, pues no se trabaja del mismo modo con alumnos de secundaria que con universitarios. El hecho de que muchos de los estudiantes sepan resolver, por ejemplo, integrales o ecuaciones lineales permite suprimir estos elementos cuando se explica sobre una transparencia la resolución de un problema.

## 3. ANÁLISIS

Del total de alumnos que realizó la encuesta (32), sólo el 28% manifestó haber recibido clases de problemas mediante transparencias. Creemos que este aspecto incidió considerablemente en sus respuestas, haciendo que se decantaran a favor de la pizarra en la mayoría de las ocasiones, como así queda reflejado en la radicalidad de parte de sus afirmaciones. El estudiante podía elegir en cada cuestión planteada entre retroproyector, pizarra o ambos. Curiosamente, el método conjunto fue el menos preferido, siendo a nuestro juicio la opción más idónea didácticamente (Fig.1).

La forma de sintetizar los contenidos en las transparencias es un aspecto clave del proceso. Nunca se deben violar los principios básicos de construcción de las mismas (3,4): legibilidad, claridad, sencillez y nitidez. Deben contener especialmente gráficas y dibujos difíciles de realizar en el momento de la explicación. Es crucial la secuencialidad en la exposición de contenidos, por lo que en la explicación se deben ir mostrando progresivamente las distintas partes del ejercicio mediante técnicas de ocultación y aparición de datos. Los desarrollos matemáticos deben omitirse en la medida de lo posible y centrarse exclusivamente en la aplicación de las leyes físicas. Otro aspecto importante es la velocidad de exposición de las transparencias. Una referencia idónea que puede seguir el docente es aquella en la que la duración de la explicación de una transparencia fuese tal que permitiese al alumno copiar los contenidos de la misma.




Figura 1. *Imagen que representa los principales usos del retroproyector (dibujos y esquemas) y de la pizarra (desarrollos matemáticos) en el aula.*

El primer aspecto en el que incide el uso de recursos didácticos audiovisuales es el ambiente que se genera en clase. Las cuestiones que se plantearon a los alumnos referidos a este particular fueron las siguientes:

1.1. Se habla menos en clase usando: T (transparencias), P(pizarra) ó TyP.
1.2. La clase es más amena usando: T, P ó TyP.
1.3. Me concentro mejor en la explicación con: T, P ó TyP.
1.4. Aprovecho mejor el tiempo con: T, P ó TyP.
1.5. La relación con el profesor es más fluida con: T, P ó TyP.

1.6. En general, el ambiente en clase es mejor con: T, P ó TyP.

Los resultados aparecen en la Fig.2. La primera pregunta es clave para comprender los resultados de la gráfica. El nivel de desmotivación en alumnos de primero de carrera de una Ingeniería es alto, ya que, conforme avanza el curso, se encuentran ante la imposibilidad de abarcar los contenidos de todas las asignaturas, bien sea por su desorientación ante la novedad que les supone los estudios universitarios, bien sea por su falta de hábito de estudio. Este hecho hace que el abandono en el seguimiento de la asignatura sea creciente conforme avanza el curso. Muchos de ellos finalmente dejan de asistir a clase. Una audiencia desmotivada conduce inmediatamente a que el método de la transparencia, método que exige tomar menos apuntes, dé lugar a la distracción y a la charla con el compañero.

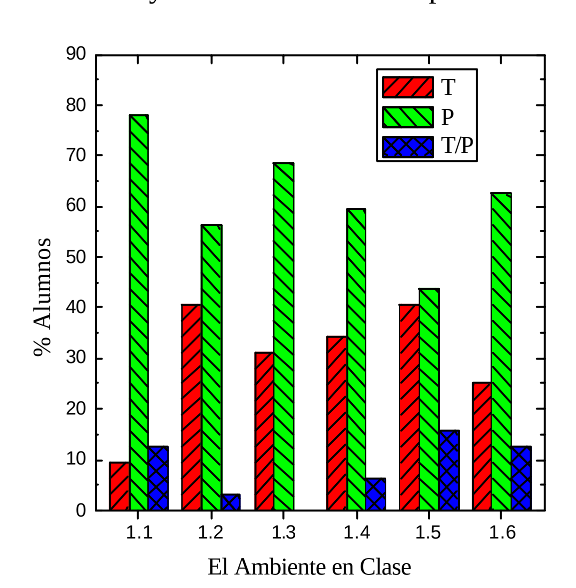



Figura 2. *Resultados de la encuesta al primer apartado de preguntas*.

Desde el punto de vista del docente, es preferible que el alumno dedique el tiempo a entender en lugar de a copiar. El método de la transparencia favorece este hecho. Sin embargo, cuando la falta de estudio imposibilita la compresión aparece un vacío temporal que el alumno no sabe cómo llenar. Este efecto induce, por ejemplo, a que el retroproyector estimule de la misma manera que la pizarra la relación con el profesor (pregunta 1.5). No obstante, tampoco es solución tener a los alumnos copiando contenidos para lograr que la parte desmotivada de los mismos esté en silencio. El uso de la transparencia ante audiencias desmotivadas pasaría por enfatizar los aspectos teóricos, incluso haciendo un repaso de contenidos, para refrescar a los alumnos los conocimientos que han recibido en la clase de teoría. Sabido es que en la resolución de un problema concreto son muy pocos los conceptos, leyes y teoremas utilizados. De la gráfica se extrae también la principal desventaja que presenta el método conjunto, y es el factor de distracción que puede generar en el alumno (pregunta 1.3). Este defecto se puede evitar con una presentación de contenidos organizada y cuidada.

En un segundo grupo de cuestiones, que aparecen a continuación, se preguntó a los alumnos acerca de cómo valoraban la explicación del profesor.

2.1. El profesor comete menos errores con: T, P ó TyP.

2.2. Los dibujos y gráficas son mejores con: T, P ó TyP.

2.3. El profesor tiene más seguridad al explicar con: T, P ó TyP.
2.4. La exposición del profesor es más dinámica con: T, P ó TyP.
2.5. En general, el profesor explica de una forma más completa usando: T, P ó TyP.

Los resultados los encontramos en la Fig.3. Parece incuestionable que los alumnos reconocen los aspectos positivos que tienen los métodos audiovisuales (preparación previa de los contenidos, mejores gráficas, dinamismo de la exposición) y los valoran favorablemente. Sin embargo, consideran que el contenido que reciben mediante las transparencias no es todo lo completo que desearían. Indudablemente la transparencia no puede albergar toda la información que surge en la pizarra a la hora de resolver un problema porque iría en detrimento de sus características. Esto relega su uso a casos de ejercicios complejos, donde ni siquiera la pizarra puede retener todos los elementos del problema, o a ejercicios en los que el alumno participa activamente completando y resolviendo partes del problema seleccionadas estratégicamente y que entroncan con los conceptos físicos (técnicas de procesamiento de la información (5,6)). Previamente, ese alumno debe haber recibido una formación adecuada en problemas más simples que han sido resueltos en todos sus detalles. No olvidemos la máxima que afirma que se aprende más rápidamente cuando se hace algo. Desde el punto de vista del docente, el hecho de disponer de más tiempo para moldear y transmitir los conceptos puede redundar en una mejor explicación. Sin embargo, en ocasiones y especialmente cuando se inicia el aprendizaje, es necesario mostrar en detalle todos los pasos de la resolución de un problema.

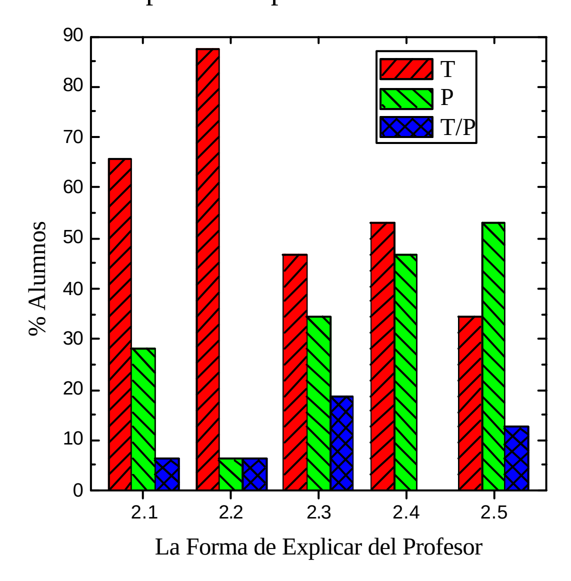



Figura 3. *Resultados de la encuesta al segundo apartado de preguntas.*

El siguiente grupo de preguntas estaba relacionado con cómo percibe el alumno la información que transmite el profesor en el momento de la explicación. Las cuestiones son:

3.1. Los desarrollos matemáticos están más claros usando: T, P ó TyP.
3.2. Sigo mejor el hilo de la resolución de un problema usando: T, P ó TyP.
3.3. Los pasos de la resolución de un problema se entienden mejor usando: T, P ó TyP.
3.4. Puedo hacer más preguntas al profesor con: T, P ó TyP.

3.5. En general, sigo mejor la explicación usando: T, P ó TyP.

En la Fig.4 se muestran los resultados. La respuesta dada a las tres primeras preguntas refleja la inseguridad del alumno a la hora de elaborar ciertos desarrollos matemáticos. Este hecho le incapacita para asimilar información cuando le llega condensada en conceptos físicos, y esquematizada en procesos, en una transparencia. El alumno prefiere que despejemos una variable de una ecuación de variables alfanuméricas a que le digamos cómo se obtiene esa variable y le encomendemos a él la tarea de hacerlo. Sin embargo, tampoco podemos afirmar que la pizarra sea la panacea, pues un profesor de Física tiene como tarea enseñar a los alumnos a resolver problemas de Física, puede resolver uno en todos sus detalles, pero a nivel universitario son muchas las variantes que pueden darse en un mismo problema para aplicar el método anterior a todas ellas. Por el contrario, debemos estimular a los alumnos a que sean ellos los que resuelvan problemas y así sienten las bases de los contenidos teóricos. Aquí chocamos de frente contra la inercia de estos a trabajar (7) y con el tiempo de que disponen para hacerlo.

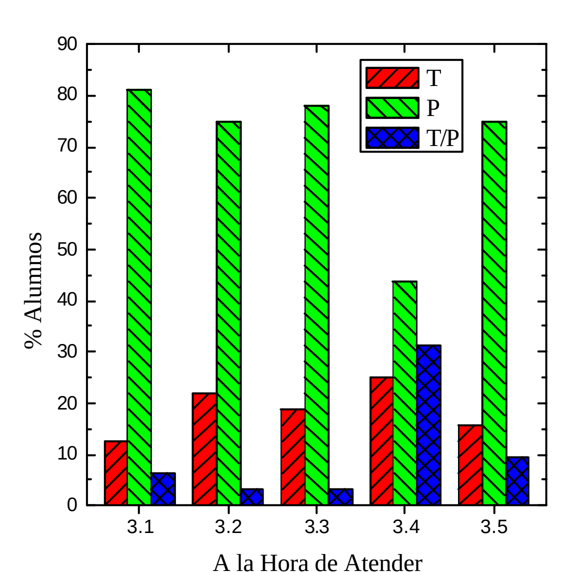



Figura 4. *Resultados de la encuesta al tercer apartado de preguntas.*

El último grupo de preguntas versaba sobre cómo utilizan los alumnos la información que han recibido en clase cuando tiene que usarla para aprender a resolver problemas. Las cuestiones fueron las siguientes:

4.1. Me cuesta menos entender el problema con: T, P ó TyP.

4.2. Relaciono mejor la teoría y los problemas con: T, P ó TyP.

4.3. Me es más fácil completar la resolución del problema con: T, P ó TyP.

4.4. Dispongo de mejor material para estudiar con: T, P ó TyP.

4.5. Encuentro menos errores en los problemas con: T, P ó TyP.

4.6. En general, aprendo más eficazmente a resolver problemas usando: T, P ó TyP.

Los resultados se indican en la Fig.5. Este apartado es quizás el de mayor trascendencia de los tres porque incide directamente en el aprendizaje del alumno. Mientras que los dos primeros se centran en cómo el alumno capta la información y el tercero en cómo la recibe, este último entronca directamente con el estudio y el aprendizaje y, por supuesto, con el trabajo que debe desarrollar para incorporar una

serie de conocimientos. La contestación a las preguntas 4.1 y 4.3 incide en el hecho de que los problemas sin detalles matemáticos no son del agrado de los alumnos. Es sorprendente el 25% que alcanza el método conjunto cuando se trata de relacionar teoría y problemas (pregunta 4.2). Las dificultades que según el profesor le van a surgir al alumno cuando elabora una transparencia no coinciden en su totalidad con las que éste tiene realmente. El efecto de retroalimentación que se da en el método combinado le confiere una mayor potencialidad frente al uso simple de la transparencia. Es también sorprendente la respuesta a la cuarta pregunta en la que los alumnos equiparan transparencias y pizarra en cuanto al material de que disponen para estudiar. Es decir, el material de una transparencia es equiparable para un alumno a los apuntes que ha tomado, pero pierde su valía para éste ante el trabajo que le supone llegar a todos los recovecos que existen en la transparencia. La forma de perfeccionar el uso de transparencias, en el caso de que se utilice sólo este método, es suministrar al alumno información adicional y detallada de la resolución de determinados problemas clave. Obviamente, la presentación de este material no necesita cumplir con los requisitos básicos de elaboración de una transparencia, y le servirá al alumno de gran ayuda en su estudio. Incidimos en que esto sólo debe darse en ciertos problemas porque, si no motivamos la capacidad creativa o resolutiva del alumno, podemos estar, según él, facilitándole la labor, pero no siempre contribuyendo a su aprendizaje. No olvidemos que por encima de los resultados de una encuesta se encuentran los resultados de los exámenes. Es allí donde se validan los métodos de enseñanza.

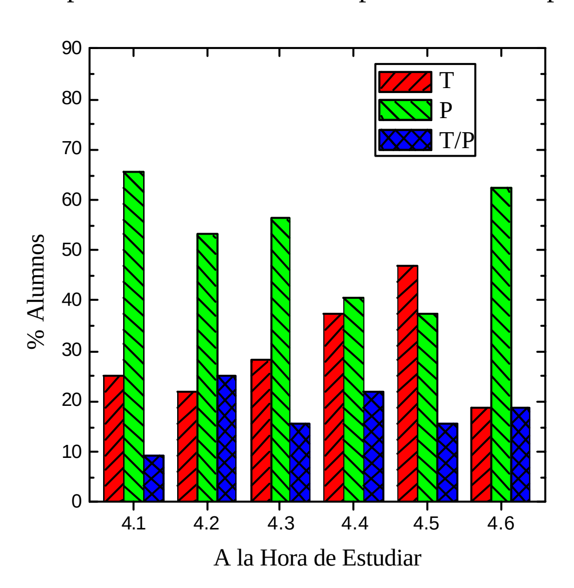



Figura 5. *Resultados de la encuesta al cuarto apartado de preguntas.*

Para concluir, diremos que al término de la encuesta se preguntó a los alumnos sobre qué recurso didáctico preferían en general. Un 63% se inclinó por la pizarra, un 28% por la pizarra y las transparencias, y un 9% por las transparencias. Sólo faltaría comprobar si con las mejoras apuntadas podríamos sacar más partido a este tipo de recursos didácticos en la enseñanza de problemas.

**4. CONCLUSIONES**

Ha quedado patente que existen diversas dificultades cuando se aplican métodos visuales en la enseñanza. Por ello, profesor y alumno deben aunar sus esfuerzos para beneficiarse de las ventajas que nos brindan esos métodos y así aprovechar al máximo las oportunidades que nos ofrece una correcta convivencia entre “viejas” tecnologías (pizarra) y nuevas tecnologías (proyección).

Estimular la comunicación e interactividad entre las partes implicadas en el proceso no sólo es una obligación, sino un camino a seguir. Se hacen necesarias actitudes de adaptación y evolución constantes, pero, sobre todo, la interiorización de unos hábitos propicios.

Digamos, en fin, que resolver un problema de Física dentro del marco universitario no es simplemente cuestión de conocimientos; el docente debe adecuar su metodología didáctica a las necesidades puntuales de los alumnos y de los contenidos.

**REFERENCIAS**

1. R. Martínez, A. García Beltrán, J.A. Jaén, *Ingeniería I+D*, **2000**, Vol. 44, 327.
2 . J.C. Jiménez Sáez, S. Ramírez de la Piscina Millán, y F. Sierra Gómez, *A Strategy for the Rolling Motion Problem Solving*, *The Role of Physics in Engineering Education, Third International Seminar*, Kocovce, Slovakia (1996).
3. C. Vidorreta, *Cómo Obtener Buenos Resultados del Retroproyector*, Ed. Anaya, Madrid (1979).
4. J.L. Bravo Ramos, *El Retroproyector y las Transparencias*, ICE de la UPM **(1998).**
5. S. Ramírez de la Piscina-Millán, J.C. Jiménez Sáez, F. Sierra Gómez, *El Procesamiento de la Información en la Enseñanza de la Resolución de Problemas de Física*, Ejemplos. II Jornadas Nacionales de Innovación en las Enseñanzas de las Ingenierías, Madrid (1996).
6. R.G. Fuller, *Physics Today*, **1982**, Sept., 43.
7. S. Ramírez, J.C. Jiménez Sáez, y F. Sierra Gómez, *Las leyes de Newton de la Didáctica Universitaria de la Física*, VII Encuentro Ibérico sobre la Enseñanza de la Física, Las Palmas de Gran Canaria (1997).

# VALORACIÓN DE UNA NUEVA EXPERIENCIA BASADA EN EL ESTUDIO DE APLICACIONES DEL ELECTROMAGNETISMO COMO HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DE LOS ALUMNOS

***Berta Gámez Mejías, Linarejos Gámez Mejías***
Dpto. de Física Aplicada a la Ingeniería Industrial, E.T.S. Ingenieros Industriales
Universidad Politécnica de Madrid, José Gutierrez Abascal, 2. 28003 Madrid
berta.gamez@upm.es, linarejos.gamez@upm.es

*Por primera vez y como experiencia novedosa, se ha puesto en marcha durante el curso 2004/05 una forma alternativa de evaluación parcial de los alumnos en la asignatura de Ampliación de Física I que se imparte en el tercer semestre de la titulación de Ingeniero Industrial. Dicha experiencia está basada en la realización de un trabajo relacionado con las aplicaciones de los contenidos de la asignatura, que permita medir la capacidad del alumno en relación con la búsqueda de información en diversas fuentes bibliográficas y en distintos idiomas y la síntesis y recapitulación de dicha información para la redacción de un trabajo.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La asignatura de Ampliación de Física I es de carácter obligatorio en el plan de estudios vigente que se imparte en el tercer semestre de la titulación de Ingeniero Industrial. Sus contenidos se centran en la profundización de los conceptos de electromagnetismo ya estudiados en parte por los alumnos en la asignatura troncal Física II que se imparte en el segundo semestre. En particular, la asignatura dedica una parte muy importante de sus contenidos a la descripción, estudio y modelización de fenómenos electrostáticos, ya que los fenómenos de naturaleza electromagnética son estudiados con mayor detalle en la asignatura obligatoria Ampliación de Física II que se imparte en el cuarto semestre. Ambas asignaturas analizan el campo electromagnético con un planteamiento axiomático, lo que permite deducir todas sus leyes físicas y relaciones fundamentales a partir de las ecuaciones de Maxwell que se adoptan como postulado (1).

Suele ocurrir con frecuencia que los fenómenos electrostáticos resultan lejanos al alumno, ya que si se compara la gran cantidad de experiencias cotidianas que el alumno puede tener con los de naturaleza electromagnética frente a los que tienen naturaleza puramente electrostática, se concluye que los primeros, en la práctica y en la mayoría de los casos, queden reducidos de cara al estudiante a la descripción de fenómenos con fuerte naturaleza matemática, pero poca aplicación en la vida cotidiana.

Por otra parte, y como dificultad añadida, la modelización de dichos fenómenos implica el conocimiento por parte de los alumnos de herramientas matemáticas que en gran medida les son desconocidas o que se están impartiendo en otras asignaturas de la titulación, pero en ese mismo semestre.

Con objeto de subsanar en la medida de lo posible el desequilibrio, ya que las aplicaciones del electromagnetismo son muy numerosas frente a las aplicaciones de la electróstatica, y hacer más atractiva de cara al alumno esta asignatura, se propuso durante el curso académico 2004/05, como parte de nota final del alumno en la asignatura, la realización de un trabajo.

Para ello, se invitó a los alumnos a la realización de un trabajo individual, con carácter voluntario, que debía constar de un mínimo de 10 páginas y que debería incluir como apartados obligatorios uno dedicado a los fundamentos, otro a la descripción del fenómeno o la aplicación objeto del estudio y, finalmente, uno a las referencias consultadas. Para facilitarles la tarea, se les propusieron una relación de temas extraídos en su mayoría de referencias de aplicaciones de la electrostática (2, 3) y que incluían entre otros temas: la electricidad atmosférica, la protección contra rayos, la ruptura dieléctrica, la electricidad estática, la bioelectricidad, la dielectroforesis, los generadores electrostáticos, la impresión electrostática, la tribolelectricidad, el efecto piezoeléctrico, el efecto piroeléctrico, la ferroelectricidad o las fuerzas de Van der Waals. También se les señaló la posibilidad de que realizaran ellos su propuesta de tema. Para hacerles más accesible la búsqueda de información se les mostraron una a serie de palabras clave en español e inglés.

Finalmente, se solicitó a los alumnos la realización de una encuesta, independientemente de su participación en la experiencia, en las que se les pidió que valoraran la experiencia, así como los medios empleados, los idiomas manejados y la consideración de otras propuestas alternativas de cara al próximo curso y cuyos resultados se muestran a continuación

La calificación del mismo que ha sido evaluado sobre 10, representó la posibilidad de obtener hasta un punto, en el caso de la máxima puntuación, en la nota final de la asignatura, ya que a partir de la obtención de una nota de 4 en el examen de la misma, la nota del trabajo de clase puede sumarse a la del examen.

La propuesta de la realización del trabajo ha tenido un objetivo doble: por una parte la profundización en el conocimiento de fenómenos electrostáticos y de sus aplicaciones y por otra, la adecuación progresiva del aprendizaje del alumno a una característica que suele ser novedosa en asignaturas básicas como la que se considera y que consiste en la mayor participación del alumno en su proceso de enseñanza-aprendizaje, lo que resulta muy conveniente de cara a la progresiva implantación, en el marco de las medidas encaminadas a la construcción del Espacio Europeo de Educación Superior, del Sistema Europeo de Transferencia de Créditos (ECTS), establecido por Real Decreto (4) y en el que se señala: *"crédito europeo como la unidad de medida del haber académico que representa la cantidad de trabajo del estudiante para cumplir los objetivos del programa de estudios* (…). *En esta unidad de medida se integran las enseñanzas teóricas y prácticas, así como otras actividades académicas dirigidas, con la inclusión de las horas de estudio y trabajo que el estudiante debe realizar para alcanzar los objetivos formativos propios de cada una de las materias del correspondiente plan de estudios"*. Por otra parte, en los Estatutos

de la Universidad Politécnica de Madrid (5) se señala en el artículo 95.2 que *"la Universidad Politécnica de Madrid fomentará en sus actividades docentes, mediante la utilización de los métodos más adecuados, los conceptos de aprendizaje, la enseñanza recíproca, el estudio compartido y la tutela".*

## 2. RESULTADOS

Tras analizar los datos suministrados por la encuesta se encuentra, en primer lugar, que de los 103 alumnos encuestados 72 de ellos han participado en la experiencia, lo que supone prácticamente un 70%, mientras que 31 alumnos afirman no haber participado. Esto supone aproximadamente un 30% que, a pesar de no haber realizado la experiencia, sí se tendrán en cuenta y se analizarán las valoraciones que sobre otras formas de evaluación han expresado. Es importante manifestar que el porcentaje de alumnos que no se acogieron a esta forma de evaluación no es en ningún caso despreciable, máxime cuando podían conseguir una compensación en cuanto a su nota final.

El análisis de los datos se hará, en primer lugar, sobre los alumnos que manifestaron haber realizado el trabajo. La primera pregunta que debían de contestar en la encuesta era sobre la valoración que hacían de la experiencia. Dicha valoración se hacía desde un valor máximo de 5 (muy alta) a un valor mínimo de 0 (nula). Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 1 donde se puede observar que un 14% considera la experiencia muy positiva, llegando al 61% los que la consideran positiva o medianamente positiva, porcentaje que con el 14% anterior eleva a un 75% el porcentaje de alumnos que considera la experiencia como positiva. Por otra parte, para un 10% la propuesta es poco o nada satisfactoria.

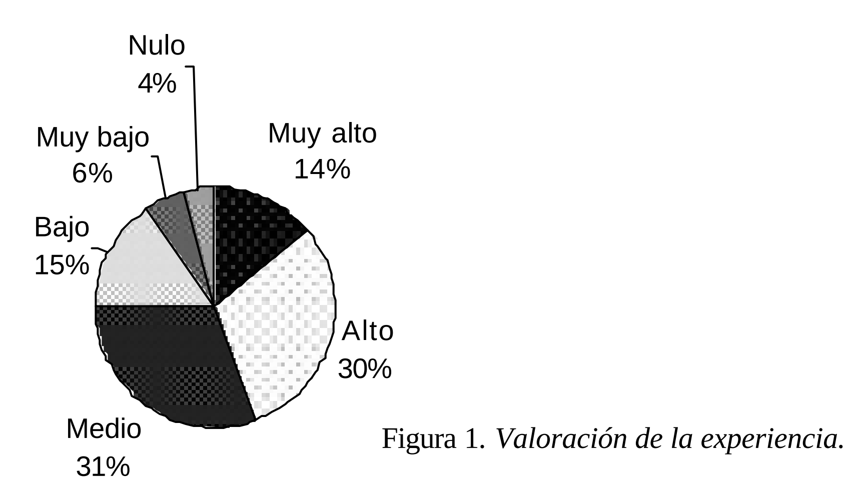



Figura 1. *Valoración de la experiencia.*

En segundo lugar, los alumnos fueron preguntados sobre qué medios habían utilizado para obtener la información relativa a cada uno de los trabajos. Se ofrecían como posibilidades: la utilización de la red haciendo uso de distintos buscadores (se recuerda que los alumnos disponían para cada uno de los temas de un conjunto de palabras clave), la consulta de libros y la lectura de artículos científicos y divulgativos. La utilización de una de estas fuentes no era excluyente. Los datos se muestran en el diagrama de barras de la Figura 2, donde se puede apreciar que prácticamente la totalidad de los alumnos (93%) consultó alguna página web relacionada mientras que el 59% de ellos consultó además libros. Cabe destacar que un número reducido de alumnos utilizó otras fuentes como videos educativos y apuntes de clase.

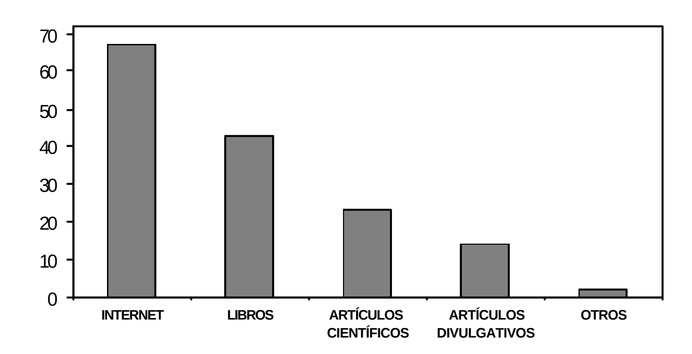



Figura 2. *Resultados sobre la utilización de diferentes fuentes de información.*

Seguidamente se pedía a los alumnos que estimaran el número de referencias que habían utilizado para la realización del trabajo. Los resultados se muestran en la figura 3 donde se puede apreciar que sólo un 10% de los alumnos han consultado más de 15 referencias, mientras que la mayoría de ellos ha utilizado entre 5 y 10 referencias, concretamente un 41%.

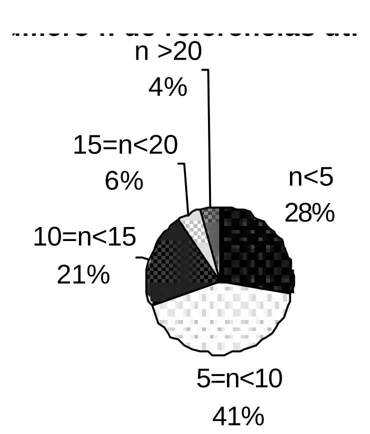



Figura 3. *Porcentajes relativos al número de referencias utilizadas*

Respecto al empleo de diferentes idiomas el 16,7 % de los alumnos que han participado en la experiencia declara que ha empleado sólo el español y un 2,8 % sólo el inglés. El 52,8 % ha utilizado dos idiomas, fundamentalmente español e inglés, frente a un 8,3 % que ha consultado referencias en tres idiomas y un 19,4 % que dice haber empleado cuatro idiomas (español, inglés, francés y alemán).

Uno de los objetivos principales que se ha pretendido con la realización de esta encuesta ha sido cuantificar el impacto que sobre distintos aspectos ha tenido la elaboración del trabajo. Concretamente, se quería evaluar las consecuencias sobre el aprendizaje en la búsqueda de información en distintas fuentes, el conocimiento de las aplicaciones electrostáticas, la profundización en los fenómenos físicos y la comprensión de la asignatura. Los resultados se muestran en la Figura 4, donde el eje de ordenadas expresa el tanto por ciento. Cabe destacar que el único aspecto que recibe una valoración muy baja es el referido a la comprensión de la asignatura, probablemente, y por lo comentado con anterioridad, como consecuencia de las características de la misma.

Estos datos se desglosan con un mayor detalle en la Figura 5 donde se muestran los tantos por ciento obtenidos en la valoración de cada uno de los aspectos anteriores.

A la vista de estos resultados se puede concluir que aproximadamente un 10% de los alumnos que participaron en la experiencia consideran que el impacto sobre todas las facetas, salvo el relativo a la comprensión de la asignatura ha sido muy alto, llegando a prácticamente un 85% los que lo estiman entre medio y muy alto.

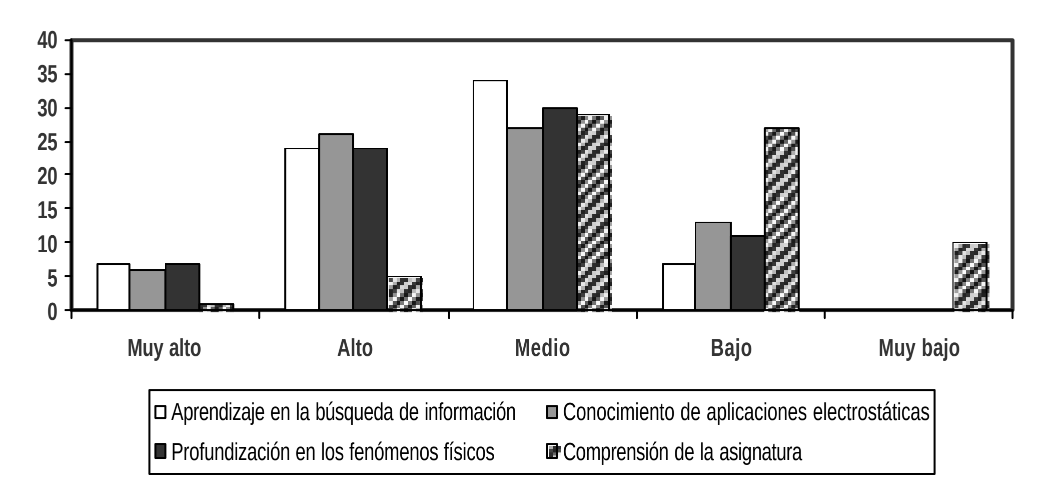
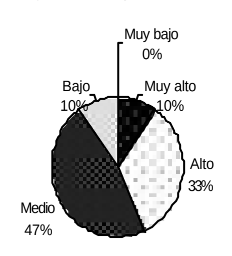
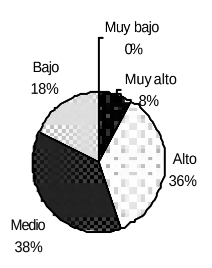
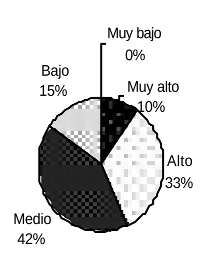



Figura 4. *Valoración de la experiencia en diversos aspectos.*



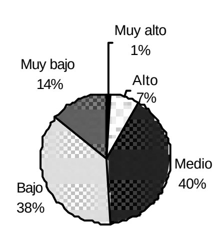




Figura 5. *Valoración de la experiencia en diversos aspectos.*

Finalmente, se muestran en las Figuras 6 y 7 la valoración que realizan los alumnos de otras posibles actividades como método de evaluación alternativa. En particular la Figura 6 recoge los datos de los 72 alumnos que han realizado la experiencia propuesta, mientras que la Figura 7 muestra los relativos a los 31 alumnos que manifestaron no haberla realizado.

Se puede observar que en las dos muestras estudiadas la mayor parte de los alumnos manifiesta sus preferencias por la entrega de una colección de problemas o por la realización de un examen en clase. Por otro lado, la resolución de un problema abierto obtiene la peor valoración en ambos casos, mientras que el diseño de un experimento tiene una mejor aceptación para los alumnos que participaron en la experiencia propuesta.

Las opciones que se valoraban eran la entrega de una colección de problemas, la realización de un examen en clase sobre cuestiones teóricas y prácticas, el diseño o montaje de un experimento y, finalmente, la resolución de un problema abierto.

## 3. CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos se puede concluir, en primer lugar, que existe una moderada predisposición de los alumnos para participar en formas innovadoras de evaluación, sobre todo en los primeros cursos universitarios, manifestando su interés en métodos más tradicionales.

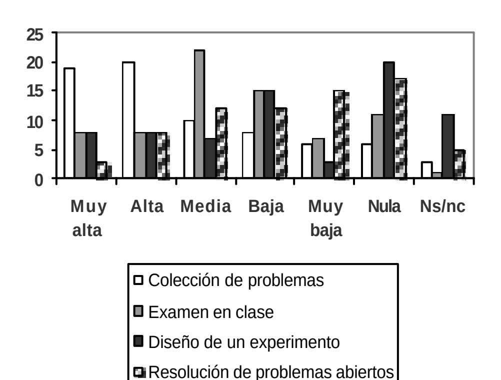



Figura 6. *Valoración, de los alumnos participantes, de otras experiencias.*

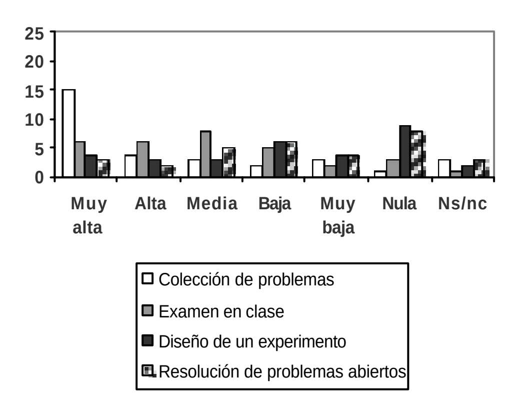



Figura 7. *Valoración, de los alumnos no participantes, de otras experiencias.*

En segundo lugar, existen grandes dificultades, por parte de los alumnos, en relacionar el contenido de las asignaturas básicas con la realidad cotidiana o con sus distintas aplicaciones en diversos campos de la Ciencia y la Tecnología.

También es importante destacar que un tanto por ciento no despreciable ha utilizado solamente fuentes de información en español a pesar de que, al menos por el momento, la mayor parte de la información científica y tecnológica se encuentre en otros idiomas, fundamentalmente el inglés.

Pese a que el estudio está realizado sobre un 25% de los alumnos matriculados en la asignatura, y que esta experiencia se ha llevado a cabo sólo durante un semestre, se pueden vislumbrar posibles dificultades relacionadas, entre otras, con la predisposición de los alumnos a las nuevas estrategias necesarias para adecuar el proceso de enseñanza-aprendizaje a los requisitos que impone la construcción del Espacio Europeo de Educación Superior.

## AGRADECIMIENTO

Querríamos agradecer a nuestros alumnos su participación en la experiencia así como sus sugerencias y observaciones.

## REFERENCIAS

1. A. M. Sánchez Pérez, *Ampliación de Física I,* Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la U.P.M., Madrid (2002).

2. A.D. Moore, J.M. Crowley, *Electrostatics, Exploring, Controlling and Using Static Electricity,* 2nd edition, Laplacian Press (2001).

3. J. A. Cross, *Electrostatics. Principles, Problems and Applications*, Adam Hilger, Bristol (1980).

4. Real Decreto 1125/2003 de 5 de septiembre. Publicado en el Boletín Oficial del Estado nº 224 de 18 de septiembre de 2003.
5. Estatutos de la Universidad Politécnica de Madrid. Decreto 215/2003 de 16 de octubre. Publicados en el Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid, nº 258, del 29 de octubre de 2003.

# USO DEL PAQUETE ESTADÍSTICO SIMFIT EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y LA QUÍMICA A NIVEL UNIVERSITARIO

***Francisco Javier Burguillo*[1]*, Fernando González Velasco*[1]*, William G. Bardsley*[2]**

[1]*Dpto. Química Física, Facultad de Farmacia, Universidad de Salamanca,*
*burgui@usal.es, fvelasco@usal.es*

[2]*School of Biological Sciences, University of Manchester (U. K.),*
*bill.bardsley@man.ac.uk*

*En esta comunicación se plantea la utilización del paquete estadístico SIMFIT como un complemento útil para la enseñanza de la Física y la Química a nivel universitario, especialmente en cuanto al tratamiento de datos en las prácticas de laboratorio, en la simulación de sistemas químicos por ordenador y en la interpretación de resultados en proyectos de investigación. Se expondrán primero las características generales de este paquete estadístico: entrada de datos, tipos de gráficas, estadística descriptiva, ajustes de regresión lineal y no lineal, integración de ecuaciones diferenciales...etc. A continuación se describirán sus posibilidades de aplicación en la enseñanza de la Química mediante algunos ejemplos. El paquete SIMFIT ha sido desarrollado por uno de nosotros (W.G. Bardley), es totalmente compatible con Windows 98/2000/XP, y se encuentra disponible gratuitamente en la dirección http://simfit.usal.es.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La Química ha sentido desde siempre la necesidad de interpretar sus resultados de forma cuantitativa y lo ha hecho normalmente en forma de ecuaciones algebraicas (equilibrio químico, adsorción) o de ecuaciones diferenciales (cinética química, fenómenos de transporte). En el pasado este objetivo se acometió con ingenio mediante el uso de papel milimetrado, la regla de cálculo y más recientemente de las calculadoras de bolsillo. Pero, ha sido la popularización de los ordenadores personales, la que ha hecho posible que las técnicas de análisis de datos y de simulación matemática se hayan convertido en uno de los aspectos más prometedores en la enseñanza de la Química. Varios autores han propuesto el uso de hojas de calculo tipo *Excel* (1), otros han defendido las ventajas de programas matemáticos como *Mathcad* (2) o *Mathematica* (3), algunos han sugerido el uso de programas de análisis de datos tipo *Origen o KaleidaGraph (4)* y otros han apostado por el uso de paquetes estadísticos como *SPSS* o *SIMFIT* (5,6).

## 2. CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES DEL PAQUETE ESTADÍSTICO SIMFIT

### 2.1. Características generales

- Tiene editores para introducir datos desde el teclado pero también se pueden importar desde hojas de cálculo tipo Excel.

- Puede hacer diversos tipos de gráficas: representaciones normales, histogramas, diagramas de barras y de sectores, gráficas 3D...etc, teniendo opciones para elegir distintos tamaños y colores.
- Incluye todas las técnicas estadísticas habituales: estadística descriptiva de una muestra, comparación de muestras, ANOVA, correlaciones de *Pearson*, etc.
- Dispone de diferentes programas para hacer ajustes de ecuaciones a curvas, utilizando métodos de regresión lineal o no lineal según los casos.

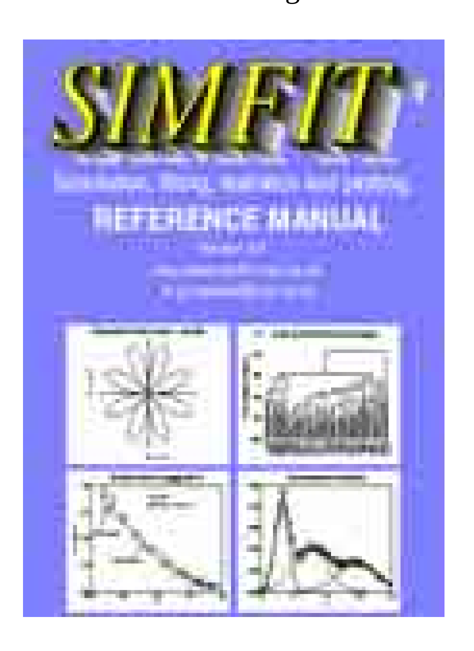



Figura 1. *Manual de SIMFIT.*

- Los propios programas calculan las estimas iniciales, ajustan en secuencias diferentes modelos dentro de la jerarquía elegida y determinan la bondad del ajuste. Con esta información, el usuario puede discriminar entre posibles modelos rivales.
- Superpone en una sola gráfica los datos y las curvas ajustadas por lo que resulta fácil comparar visualmente los diferentes ajustes.
- Si la ecuación que se desea ajustar no está disponible en la librería *SIMFIT*, el usuario puede definir su propia ecuación y luego ajustarla mediante un módulo general de optimización *(QNFIT).*
- Dispone de un apartado de simulación, tanto de ecuaciones algebráicas (polinomios, exponenciales, ...) como diferenciales (reacciones consecutivas, reacciones enzimáticas, ...).

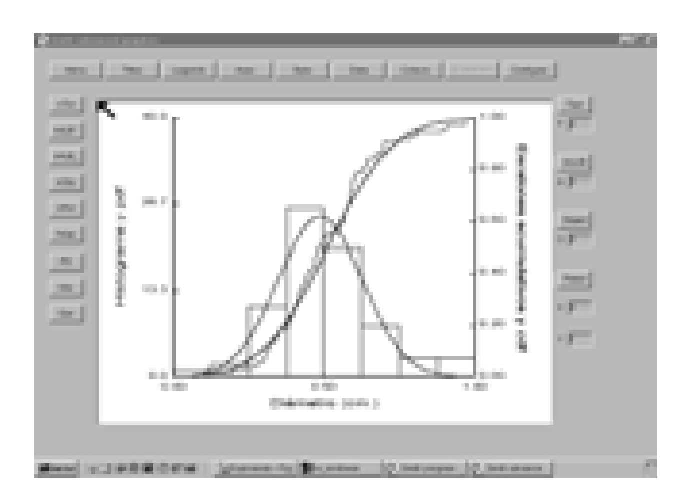


Figura 2. *Histograma y curvas de probabilidad*.

En cualquier laboratorio es frecuente realizar medidas que fluctuan ligeramente debido al azar, por lo que una tarea habitual es encontrar el valor medio, la desviación estándar, representar los datos en forma de histograma, ajustarlos a una distribución normal, etc. *SIMFIT* puede hacer todo este tipo de cálculos y representaciones (Figura 2). Asimismo, el investigador puede realizar los tests estadísticos habituales, como el test “t” de comparación de medias, ANOVA, *Mann-Whitney*, ji-cuadrado, correlación de *Pearson*, etc. También tiene implementadas otras técnicas más específicas como análisis de conglomerados, componentes principales o series temporales.

**2.2. Diseño de experimentos: tamaño de muestra y espaciado de datos**

Cuando se trata de diseñar experimentos a los que se les va a aplicar un test estadístico, por ejemplo del tipo comparación de 2 medias mediante el test “t”, habrá que calcular “a priori” el tamaño de muestra necesario. Este tamaño será el mínimo número de casos que habrá que utilizar en el estudio si se quiere detectar una determinada diferencia entre las medias (d), si es que existe. Para ello hay que fijar el riesgo $\alpha$ de rechazar la hipótesis nula (no hay diferencia) siendo verdadera y el riesgo $\beta$ de aceptar la hipótesis nula siendo falsa. Puede verse un ejemplo en la Figura 3. Si se trata de diseñar un estudio del tipo ajuste de curvas, por ejemplo velocidad - [Sustrato] para determinar la $V_{max}$ y la $K_m$ de una enzima, habrá que proyectar el experimento teniendo en cuenta el margen de la concentración de sustrato (normalmente el más amplio posible), el nº de puntos, el espaciado entre ellos, etc. La simulación por ordenador de todos estos factores puede ayudarnos mucho a decidir entre las diferentes opciones.

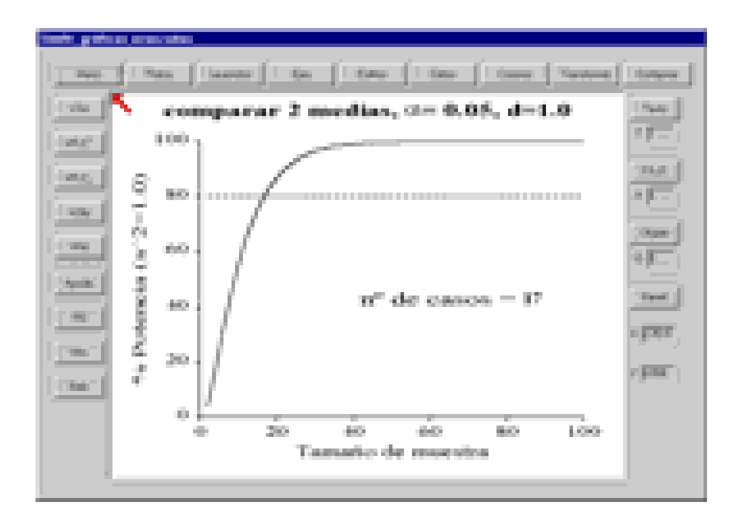



Figura 3. *Tamaño de muestra*.

**2.3. Curvas de calibrado y predicción inversa**

Existen en *SIMFIT* diferentes posibilidades para ajustar curvas con fines de calibración, entre ellas el ajuste a una línea recta o a polinomios de distinto grado por regresión lineal. En cualquier caso, el programa superpone a la curva de ajuste las bandas de confianza al 95%, también hace predicción inversa (obtención de x a partir de y) con los correspondiente límites de confianza al 95%. Estas horquillas de confianza permiten al investigador, no sólo conocer la concentración de una sustancia en una muestra, sino estimar también la precisión del análisis. En la Figura 4 se presenta el calibrado de una sustancia cualquiera, donde el ajuste se ha realizado por regresión lineal con pesos estadísticos ($w_i = 1/s_i$) basados en las desviaciones estándar ($s_i$) calculadas a partir de réplicas.

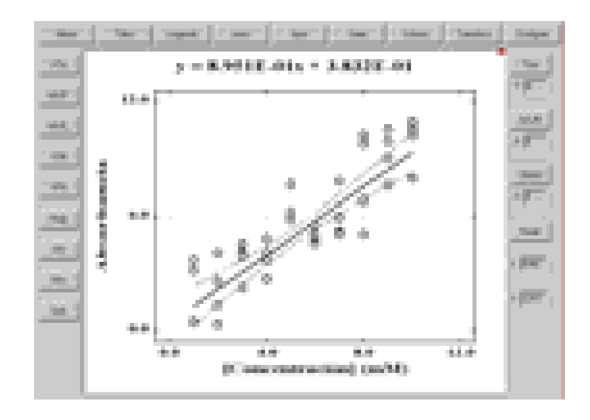


Figura 4. *Curva de calibrado.*

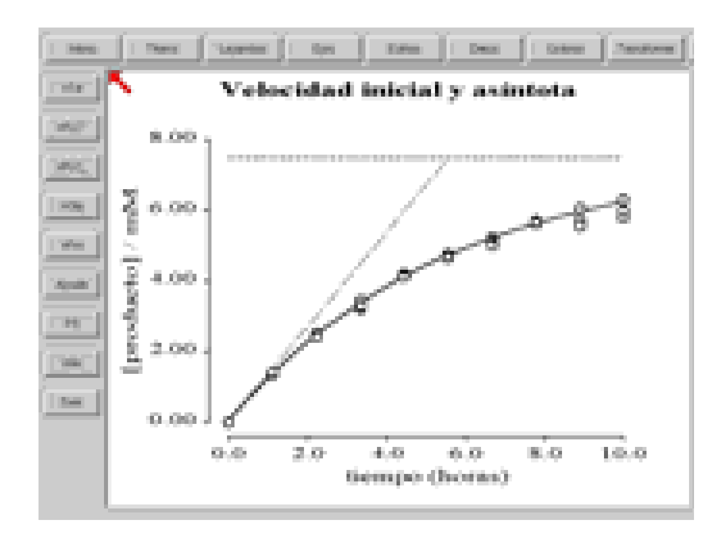



Figura 5. *Velocidad inicial y asíntota*.

**2.4. Determinación de velocidades iniciales, tiempos de latencia y asíntotas**

La medida de estas magnitudes es un problema habitual en muchas investigaciones cinéticas, para ello *SIMFIT* dispone de un módulo específico (*INRATE*) que ajusta la ecuación seleccionada por el usuario y hace un análisis de la misma para estimar analíticamente la velocidad inicial y la asíntota. En la Figura 5 se muestra un ejemplo de esta metodología.

**2.5. Ajuste a funciones exponenciales en sistemas cinéticos**

El uso de monoexponenciales, biexponenciales, etc., es muy frecuente en la interpretación de muchos fenómenos cinéticos (reacciones de orden 1, reacciones consecutivas, farmacocinética compartimental, ...). *SIMFIT* contempla la posibilidad de ajustar diferentes tipos de exponenciales, tanto decrecientes como crecientes y siempre con la opción de ajustar una suma de exponenciales hasta el grado deseado. Estos ajustes se realizan siempre por *regresión no lineal* a la función directa y nunca por *regresión lineal* a sus posibles transformaciones lineales (por ejemplo la linealización logarítmica de una monoexponencial).

La razón es conocida, se basa en que al hacer una transformación lineal cambian los pesos estadísticos a considerar con la variable dependiente, precaución que no suele ser tenida en cuenta y que, además, no es necesaria cuando se ajusta la función directa por regresión no lineal. En la Figura 6 se muestra el ajuste consecutivo de uno y dos exponenciales a unos datos y, como inserto, a efectos ilustrativos tradicionales, se incluye la representación semilogarítmica. En este caso, la estadística asociada al ajusta concluye que el ajuste a dos exponenciales es mejor que el de un exponencial.

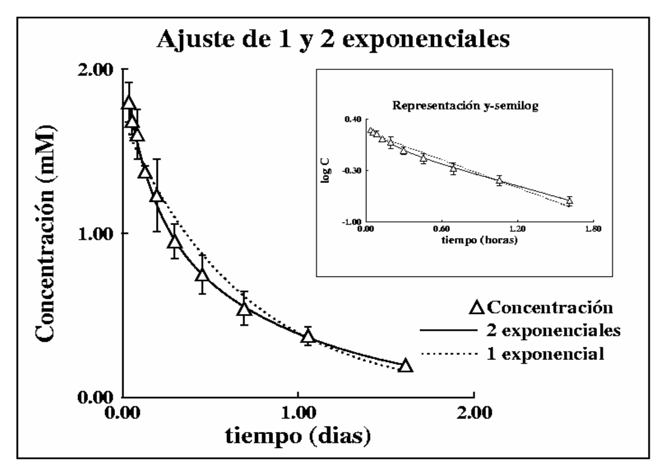
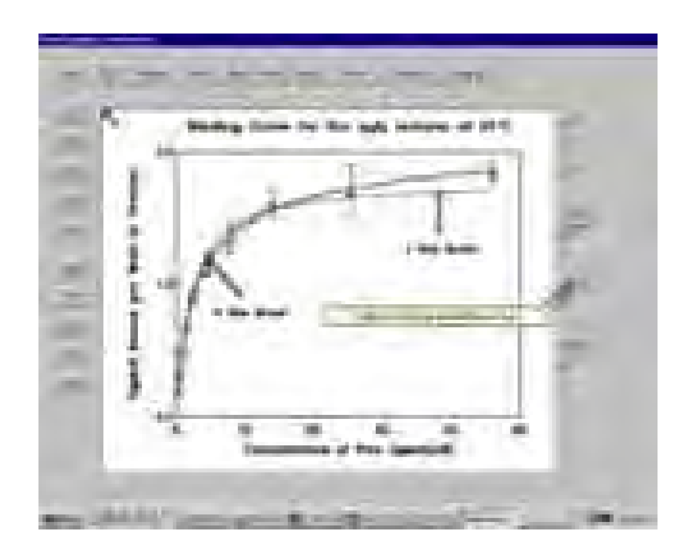


Figura 6. *Ajuste de exponenciales*.


Figura7. *Unión de un ligando a una macromolécula.*

**2.6. Equilibrios de unión de ligandos a macromoléculas**

Este tipo de equilibrios se aborda en *SIMFIT* con el módulo relativo a sitios de unión idénticos y cooperativos (*SFFIT*). Si nuestro caso fuese el de una macromolécula con 2 sitios de unión, nuestra investigación debería ir encaminada a distinguir si los dos sitios son independientes (grado 1, una sola K de equilibrio) o son cooperativos (grado 2, hay una $K_1$ para el sitio 1 y una $K_2$ para el sitio 2). Para ello *SIMFIT* realiza los respectivos ajustes y hace un análisis de la cooperatividad, a la vez que nos ofrece los resultados bajo diferentes representaciones clásicas: directa, *Scatchard y Hill*. La Figura 7 es un ejemplo de este procedimiento.

## 2.7. Cinética enzimática

Existen en el paquete dos módulos con este objetivo. Uno sencillo (*MMFIT*), que ajusta un sumatorio de ecuaciones de *Michaelis Menten* a unos datos v-[S] y proporciona las distintas $V_{max}$ y $K_m$ (mezcla de isoenzimas), así como las representaciones habituales (directa, *Lineweaver-Burk*, *Eadie-Hofstee*). Otro más avanzado (*RFFIT*) es el que ajusta cocientes de polinomios de distinto grado en [S] a datos v-[S], que es el formalismo general de las cinéticas no michaelianas. La figura 8 recoge el ejemplo de unos datos que siguen simplemente una sola ecuación de *Michaelis-Menten.*

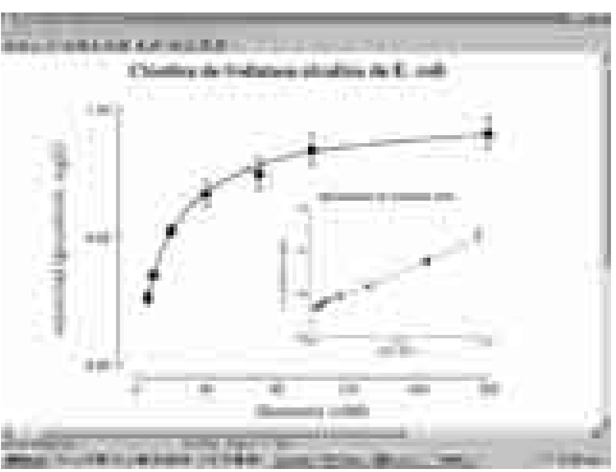


Figura 8. *Ajuste de la ecuación de Michaelis - Menten.*

## 2.8. Sistemas dinámicos en ecuaciones diferenciales

Existe en *SIMFIT* un módulo especial (*DEQSOL*) para simular por integración sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias. Para ello incluye una colección con diferentes modelos dinámicos de "n" variables, tales como mecanismos de reacción, dinámica de poblaciones, etc. A modo de ejemplo, la Figura 9 muestra la integración de las reacciones consecutivas A $\leftrightarrow$ B $\leftrightarrow$ C reversibles. El propio usuario puede cambiar interactivamente el valor de los parámetros de las ecuaciones, el intervalo de integración, etc., por lo que las posibilidades de simulación son numerosas y muy instructivas. Con fines de investigación, se podría suministrar también al programa una serie de datos experimentales y ajustarlos con el correspondiente sistema de ecuaciones diferenciales.

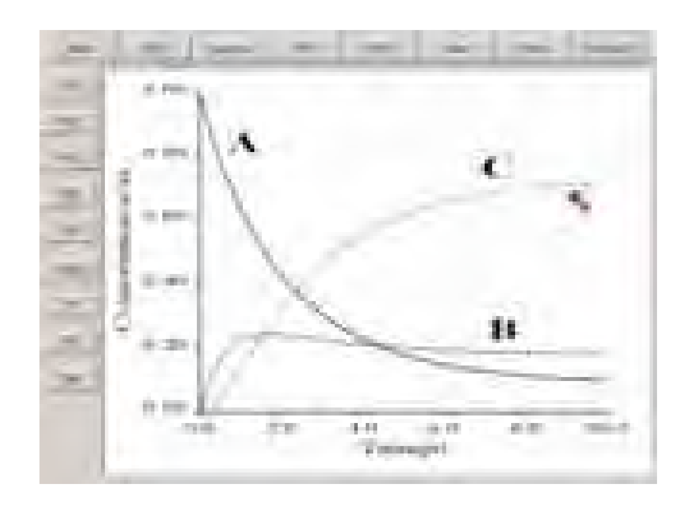



Figura 9. *Simulación de reacciones consecutivas.*

**2.9. Simulación de experimentos**

El paquete permite simular todo tipo de ecuaciones algebraicas de una o varias variables, por lo que resulta muy valioso a la hora diseñar experimentos, validar modelos o como simulador a efectos didácticos. La filosofía es simple, primero se simulan datos exactos y luego se perturban con errores al azar para mimetizar la situación experimental.

**BIBLIOGRAFÍA**

1. P. Denton, *J. Chem. Educ.,* **2000**, Vol. **77**, 1524-1525.
2. T.J. Zielinski, *J. Chem. Educ.,* **1995**, Vol. **72**, 631.
3. M.M.C. Ferreira, W.C. Ferreira Jr., C.S. Lino, M.E.G. Porto, *J. Chem. Educ.,* **1999**, Vol. **76**, 861.
4. J. Tellinghuisen, *J. Chem. Educ.,* **2000**, Vol. **77**, 1233-1239.
5. F.J. Burguillo, M. Holgado, W.G. Bardsley, *Revista de Educación en Ciencias,* **2003**, Vol. 4 (1), 8-14**.**
6. D. Alonso, F.J. González, F.J. Burguillo, W.G. Bardsley, *Anuario Lat. Educ. Quím.,* **2001**, Vol. XV, 43-46.

# EXPLICANDO LAS EXPANSIONES IRREVERSIBLES

***Ricardo López Rodríguez***
Departamento de Física Aplicada, Universidad Politécnica de Valencia
Blasco Ibáñez, 21. 46010 Valencia. rilopez@fis.upv.es

*Es conveniente matizar para los alumnos de ingeniería que el trabajo termodinámico en general, irreversible o no, es la integral:*

$W = \int_1^2 p\, dV$ *, con la presión exterior al sistema. Esto se aprecia claramente por el teorema de la energía mecánica. Sólo si la presión es constante, igual por ejemplo a la atmosférica, el trabajo irreversible es el producto de la presión exterior por el cambio de volumen.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Recuerdo cuando estudiaba Termodinámica en la licenciatura de Físicas que tenía una duda (creo que legítima): se mostraba en la bibliografía generalmente, al revés de lo propuesto en el resumen, el trabajo en los procesos cuasiestáticos, y luego se añadía una coletilla, diciendo que para una expansión irreversible el trabajo era simplemente el producto de la presión exterior por el cambio de volumen.

Yo me rompí la cabeza con la coletilla mencionada, al comparar con los procesos cuasiestáticos: ¿Por qué en los procesos irreversibles no figuraba también el trabajo de la presión interior variable, aunque la exterior fuera fija?. Lo consulté con un compañero, que argumentó que sí, que esto era simplemente consecuencia de la definición de trabajo contra las fuerzas exteriores. Me dejé convencer. Pero ahora, tras posteriores reflexiones, creo que se debe aclarar.

## 2. DESARROLLO

Ha sido satisfactorio comprobar que por ejemplo Sears (1) da también pie al comentario que sigue. Al resaltar que el trabajo que figura en la expresión del teorema de la energía mecánica es el de las fuerzas que no admiten potencial, el correspondiente a las fuerzas aplicadas externamente. Razonaremos para mayor facilidad con una partícula, sometida a un proceso "irreversible": una fuerza aplicada $\vec{F}_{apl}$ se superpone a un campo de fuerzas conservativo, $\vec{F}_{cons}$, dando aceleración,

$$\vec{F}_{apl} + \vec{F}_{cons} = m\frac{d\vec{v}}{dt} \qquad (1)$$

De aquí se deduce inmediatamente el teorema de las fuerzas vivas de Leibnitz:

$$W_{apl} - \Delta U = \Delta(\frac{1}{2} mv^2) \qquad (2)$$

donde hemos introducido la función potencial. Esto se reescribe con la función energía,

$$\Delta E = W_{apl} \qquad (3)$$

Luego en el caso de un gas que expansiona, la ecuación se extrapola a

$$\Delta E = Q + W_{apl} \qquad (4)$$

¿Qué debe figurar, la presión externa o la interna? La externa naturalmente como queríamos demostrar.

¿Cómo es que los físicos cambiamos el signo del trabajo?

Si por ejemplo aplico la fuerza con mi mano, sobre ella aparece una reacción,

$$-\vec{F}_{apl} = \vec{F}^{*}_{apl} \qquad (5)$$

Por tanto el trabajo $W^{*}_{apl}$ de esta fuerza da cuenta del aumento de energía de mi mano, y es lógico extrapolar para (4),

$$\Delta E = Q - W^{*}_{apl} \qquad (6)$$

## 3. CONCLUSIONES

El trabajo aplicado realizado, por ejemplo, por un motor será la integral con la presión exterior $p_{apl}$,

$$W^{*}_{apl} = \int_{1}^{2} p_{apl} ( V ) \, dV \qquad (7)$$

Advirtiendo que el problema es que la presión exterior $p_{apl}$ aunque la podemos conocer (piénsese en el mecanismo biela-manivela de una locomotora que marcharía a celeridad fija), no se equilibra con la presión interna. Ésta que en el equilibrio es una variable intensiva uniforme toma un valor diferente para cada punto del sistema. En estos procesos lo habitual es que tanto en el interior, como en el exterior, haya gradientes.

Pensemos, por ejemplo, que los fabricantes de motores saben que en el interior de la cámara de combustión, se forman una serie de compresiones y enrarecimientos del

fluido, lo que tienen en cuenta para diseñar las posiciones de las válvulas de admisión y expulsión de la mezcla (2).

Es por todo esto que si se imagina un proceso cuasiestático, lo suficientemente lento para que podamos imaginar que subsiste el equilibrio en el interior del sistema fluido, es una aproximación. Que como recalca Sears, da unos resultados razonables, para permitir estimar el rendimiento de cada ciclo.

No quedemos dejar de pasar la ocasión sin plantear otra duda legítima en los neófitos de la Termodinámica: ¿cómo puede entenderse de verdad que el trabajo irreversible sea menor que el reversible entre los mismos estados, por ejemplo con la misma presión exterior constante?

## 4. LA FUERZA Y EL DESPLAZAMIENTOS SON IGUALES

Creemos que todo queda claro suponiendo simplemente fuerzas de rozamiento contra las paredes crecientes con la celeridad del proceso, que darán lugar a un mayor desprendimiento de calor en el proceso irreversible.

Entiéndase, a mayor trabajo de rozamiento, mayor incremento en la temperatura de la cámara de expansión. Entonces se cederá más energía en forma de calor de rozamiento al exterior que en el proceso cuasiestático. Y cuando hagamos balance del calor entregado a la cámara de combustión, habrá que deducir estas pérdidas, siendo el calor neto entregado idéntico en ambos casos.

Como la variación de energía interna es la misma, por corresponder a los mismos estados iniciales y finales, concluimos que el trabajo neto es el mismo.

También cabe pensar que en el proceso rápido hay una oscilación alrededor de la posición final de equilibrio, que también aumenta el recorrido del pistón, y por ello el trabajo total y el de rozamiento (3).

## REFERENCIAS

1. F.W. Sears, G.L. Salinger, *Termodinámica, teoría cinética y termodinámica estadística*, Ed. Reverté (1980).
2. E. de Miquel Perés, *Motores endotérmicos y tractores agrícolas*, Ed. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia (1989).
3. R. López, *Seminarios de Física*, Ed. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia (2002).

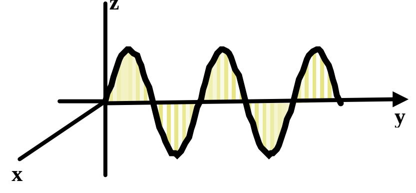
# LUZ POLARIZADA: APLICACIÓN AL ESTUDIO DE MATERIALES

***Francisco Javier Martínez Casado*** [1]***, Mª. Isabel Redondo Yélamos*** [1]***,***
***Mª. Victoria García Pérez*** [1]***, José Antonio Rodríguez Cheda*** [1]***,***
***Miguel Ramos Riesco*** [2]
[1] Depto. de Química Física, Fac. Químicas, Universidad Complutense, Madrid
[2] Departamento de Física y Química, IES Isaac Newton, Madrid

*Mediante luz polarizada se pueden estudiar y caracterizar las propiedades de materiales anisotrópicos que presentan birrefringencia, tales como cristales líquidos, usando el microscopio de luz polarizada. Algunas sustancias son ópticamente activas y desvían el plano de polarización de la luz, lo cual permite determinar su concentración utilizando un polarímetro. La medida del grado de despolarización de las bandas del espectro Raman vibracional ayuda en la asignación de modos de vibración de las moléculas.*

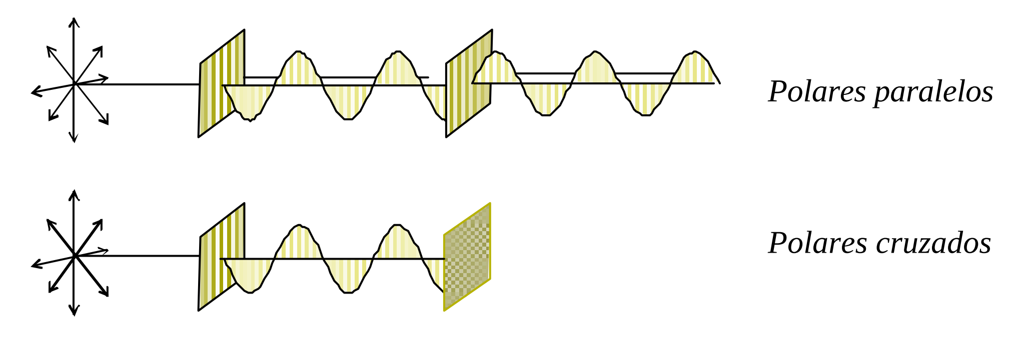
## 1. ¿QUÉ ES LA LUZ POLARIZADA? BIRREFRINGENCIA

La luz puede ser representada como una onda electromagnética constituida por campos eléctricos y magnéticos fluctuantes y perpendiculares entre sí.




Tradicionalmente sólo se usa la representación del campo eléctrico, puesto que la del campo magnético es idéntica aunque en un plano perpendicular. En la figura se representa el vector del campo eléctrico y su propagación.

La luz blanca está formada por ondas que fluctúan en todos los planos que contienen a su línea de propagación, representados por flechas en la figura. Existen materiales, llamados "polarizadores", que tienen la propiedad de que sólo permiten el paso de la luz que vibra en un plano específico. La luz emergente recibe el nombre de "luz polarizada". Si la luz polarizada incide sobre otro polarizador, sólo podrá atravesarlo en el caso de que sus planos de polarización coincidan.

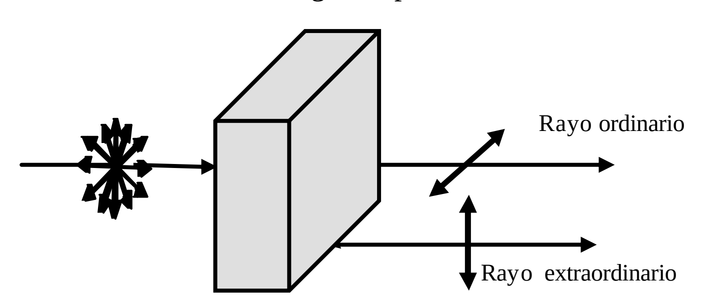


*Polares paralelos*

*Polares cruzados*

Todos los sistemas ordenados (cristalinos), exceptuando los que cristalizan en el sistema regular, que son isótropos a la luz polarizada (o a la luz blanca), presentan el fenómeno de la "birrefringencia". En los materiales birrefringentes el rayo de luz incidente se desdobla en dos, uno llamado "ordinario" y otro "extraordinario" ambos polarizados en planos perpendiculares entre sí.

Los medios birrefringentes poseen una o dos direcciones en el espacio en las que no se comportan como tales: a estas direcciones se les llama "ejes ópticos". Además de los sólidos cristalinos, los cristales líquidos son también medios birrefringentes o anisotrópicos a la luz.




**2. ACTIVIDAD ÓPTICA. POLARÍMETRO**

Existen sustancias que en disolución son ópticamente activas, esto es, que cuando las atraviesa luz polarizada son capaces de desviar su plano de polarización un cierto ángulo hacia la derecha o hacia la izquierda (sustancias dextrógiras y levógiras, respectivamente). Un ejemplo típico es la glucosa. Un polarímetro es un aparato conocido desde el siglo XIX que está diseñado para medir estos ángulos.




*Esquema de un polarímetro*

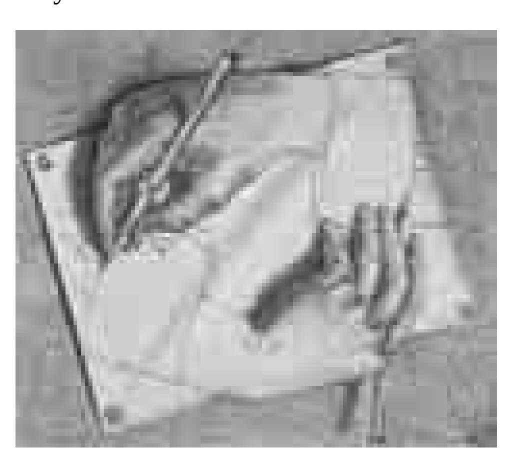
El principio del polarímetro es muy simple. La luz se polariza mediante el polarizador (A) y se hace pasar a través de la disolución de la sustancia que se pretende analizar. A la salida, esta luz pasa por un nuevo polarizador (B) que inicialmente, en ausencia de sustancias óptimamente activas, estaba colocado en paralelo con A, permitiendo intensidad máxima de luz a la salida. Cuando la luz

atraviesa la disolución con la sustancia ópticamente activa, se desvía el plano de polarización. El polarímetro está diseñado para poder medir a la salida el ángulo ($\alpha$) que hay que girar el analizador para que la intensidad de la luz sea máxima otra vez.

El poder rotatorio de una disolución de una sustancia depende del espesor de la capa atravesada, la naturaleza de la sustancia analizada, la concentración de la disolución, la longitud de onda de la luz y la temperatura. Si conocemos la rotación ($[\alpha]^{t\lambda}$) producida por un disolución de 1g/ml de la sustancia en una columna de líquido de 1 decímetro de longitud para una longitud de onda fija ($\lambda$), podemos determinar la concentración de la muestra analizada a través de la fórmula:

$$[\alpha] = [\alpha]^{t\lambda} \cdot l \cdot c$$

donde $[\alpha]^{t\lambda}$ es el poder rotatorio específico de la sustancia correspondiente para una temperatura, *t*, y para una longitud de onda determinada, que normalmente suele ser la línea D del sodio. $[\alpha]$ es la rotación producida por una columna de líquido de longitud "*l*" y concentración "c".



La glucosa es un ejemplo de las muchas sustancias químicas que presentan la propiedad de variar el plano de polarización de la luz. En general, estas sustancias tienen estructuras moleculares con un carbono asimétrico, es decir, unido a cuatro grupos sustituyentes diferentes, por lo que dan lugar a enantiómeros, moléculas que difieren sólo por su estructura espacial y que sus imágenes especulares no son superponibles. Por ello, los enantiómeros presentan una simetría semejante a las manos (que tampoco son imágenes superponibles) y, por ello, las sustancias que presentan estas características se denominan "quirales" (expresión procedente de la palabra griega que significa "mano").

La Polarimetría es la Ciencia basada en el uso del polarímetro. Entre otras aplicaciones está la de caracterizar y distinguir estereoisómeros, compuestos con la misma composición y estructura, pero con átomos quirales dentro de la molécula. Otra aplicación importante es su uso en el estudio de algunas cinéticas, por ejemplo la de inversión de la sacarosa.

## 3. VELOCIDAD DE INVERSIÓN DE LA SACAROSA

El proceso de inversión del azúcar: descomposición hidrolítica de la sacarosa $C_{12}H_{22}O_{11}$ en glucosa y fructosa, va acompañada de la variación de la dirección del ángulo de rotación del plano de polarización:

$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$ ? $C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$ *Ec.1*

*Sacarosa* *glucosa* *fructosa*

La sacarosa gira el plano de polarización hacia la derecha (a = 66,55°) y la mezcla de los productos de la inversión hacia la izquierda (a = -91,9°). Por ello, a medida que transcurre la reacción el ángulo de rotación del plano de polarización disminuye, pasando por cero y luego pasa a ser negativo llegando hasta un valor constante $a_8$. La velocidad de inversión de la sacarosa se establece por la variación del ángulo de rotación del plano de polarización de la función a estudiar el cual varía en función del tiempo. El seguimiento del ángulo de rotación se realiza a través del polarímetro.

La ecuación cinética se ajusta a:

$$-\frac{dC}{dt} = k' C_{C_{12}H_{22}O_{11}} \qquad \textit{Ec. 2}$$

cuya constante de velocidad puede ser calculada por la ecuación:

$$k' = \frac{1}{t}\ln\frac{C_0}{C_f} \qquad \textit{Ec. 3}$$

donde $C_o$ es la concentración inicial de la sacarosa y $C_f$: es la concentración de sacarosa en un tiempo *t*.

Resulta, por tanto, evidente que, a partir de las medidas de a, es posible calcular la concentración de sacarosa en función del tiempo, y de aquí calcular su constante cinética.

## 4. MICROSCOPIO DE LUZ POLARIZADA. APLICACIONES AL ESTUDIO DE CRISTALES LÍQUIDOS

El microscopio de luz polarizada es un microscopio óptico ordinario al que se le incorporan dos polarizadores, entre los que se introduce la muestra de cristal líquido, normalmente preparada en forma de una película fina, entre un “porta” y un “cubre” transparentes. Esta técnica experimental es un medio imprescindible para identificar las texturas y estructuras de los cristales líquidos, que aparecen en forma de imágenes características, que se hacen observables debido a su birrefringencia.

Generalmente el microscopio lleva incorporada una platina, consistente en un horno con control de temperatura y con dos ventanas transparentes, en cuyo interior se encierra la preparación del cristal líquido.

### 4.1. Identificación de estructuras a través de texturas

La “estructura” de un cristal líquido se caracteriza por su ordenación geométrica a nivel molecular, y es independiente generalmente del historial térmico de la muestra. No hay que confundir estructura con textura. Se define “textura” como el aspecto que presenta una capa muy fina de cristal líquido (contenida entre dos placas de vidrio

transparente) observada en un microscopio, generalmente de luz polarizada, a unos pocos aumentos, a la temperatura de cristal líquido.

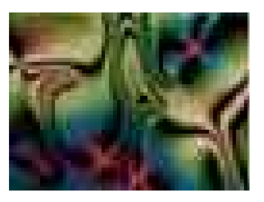
Una textura determinada aparece debido a la formación de defectos cristalinos (disclinaciones). Como consecuencia, aparecen más fácilmente al enfriar la sustancia desde el líquido isotrópico. Las texturas son características de cada estructura, por lo que ayudan en gran medida a su identificación.

*Tipos de Estructuras:*

*Cristales Líquidos Termotrópicos*:
- Nemáticos: Uniaxiales y Biaxiales
- Colestéricos
- Esmécticos



*Ejemplos de texturas nemáticas: Schlieren*

*Ejemplos de texturas esmécticas*:

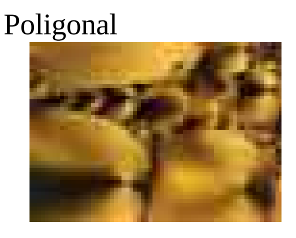
Cónico focal



Bastones



Poligonal

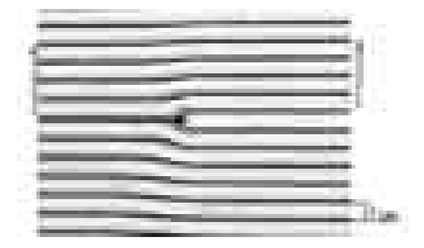


*Ejemplos de texturas colestéricas*:

Líneas *Grandjean* y tiras aceitosas



Líneas de disclinación transversales ($\tau$)



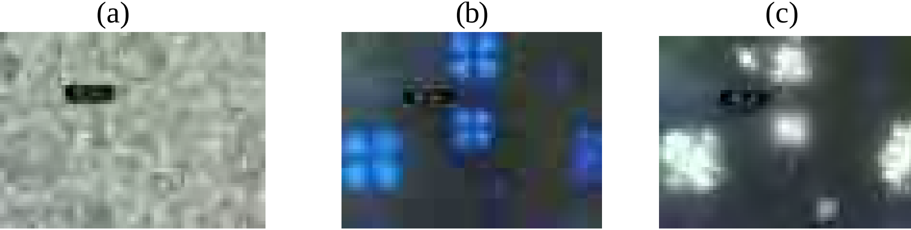
**4.2. Identificación de una fase fluida cristalina (birrefringente)**

Con el siguiente ejemplo, se pone de manifiesto cómo se puede llegar a demostrar la naturaleza fluida, a la vez que ordenada, de un cristal líquido.

El nonanoato de talio es una sal orgánica (surfactante) que se comporta como cristal líquido iónico (fluido organizado) antes de fundir a líquido isotrópico. El

experimento consiste en suspender microcristales de la sal en un aceite mineral en los que sean inmiscibles, calentarlos hasta su fusión, y observar en una platina colocada entre los polares de un microscopio de luz polarizada. Al llegar al líquido isotrópico los dominios microcristalinos se transforman en gotas perfectamente esféricas, debido al principio de mínima superficie. Estas gotas son isótropas a la luz polarizada y para su observación es necesario alinear los polares o retirar uno de ellos. Al enfriar estas gotas suspendidas en el aceite mineral se observan los cambios que se muestran en la siguiente figura:

(a) (b) (c)



*(a) Líquido isotrópico (sin analizador). Gotas suspendidas en aceite.*
*(b) Las gotas se transforman en cristal líquido al enfriar. Las gotas son esféricas, como corresponde a un fluido, y birrefringentes, como corresponde a un estado organizado. La topología de las moléculas es radial y los polares están cruzados.*
*(c) Al seguir enfriando, el cristal líquido se transforma en un sólido cristalino, destruyendo la esfericidad de las gotas.*

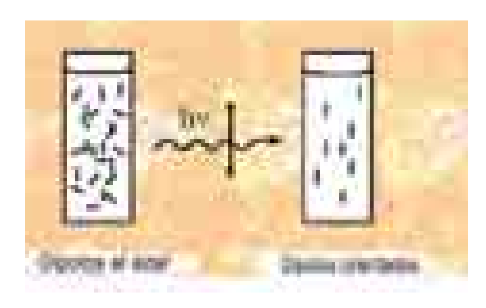
## 5. ESPECTROS MOLECULARES

Cuando la luz incide sobre una muestra de índice de refracción $n_1$ rodeada por un medio de índice de refracción $n_0$, además de la reflexión y de la refracción esperadas se dan otros procesos de los que consideraremos sólo absorción y dispersión. El estudio de la intensidad de la luz absorbida o dispersada en función de la frecuencia es el objetivo de la *espectroscopía molecular*.

La energía interna de una molécula está cuantizada, es decir, no varía de forma continua sino que sólo son posibles determinados valores que definen los diferentes *niveles de energía*. Los tránsitos inducidos por la luz incidente entre esos niveles dan lugar a distintos tipos de *espectros moleculares*. Los tránsitos pueden ser originados por absorción o por dispersión de la radiación incidente. El mecanismo por el que se producen los espectros es muy diferente en ambos casos. En los procesos de absorción la propiedad molecular responsable es el momento dipolar, $\mu$, mientras que la dispersión está relacionada con la polarizabilidad molecular, $\alpha$, (mayor o menor facilidad para que la nube electrónica se deforme en presencia de un campo electromagnético).

### 5.1. Espectros electrónicos: visible -ultravioleta

En los espectros de absorción, y particularizando al caso de la luz visible-ultravioleta, si se ilumina una muestra de moléculas orientadas al azar, con una luz




cuyo vector eléctrico está orientado en una dirección particular (plano polarizada), sólo pueden absorber la luz las moléculas que están orientadas adecuadamente con relación a ese vector eléctrico. Este proceso se ilustra en la Figura. Como consecuencia de esta “absorción selectiva” los espectros obtenidos con luz incidente no polarizada y con luz incidente polarizada difieren considerablemente.

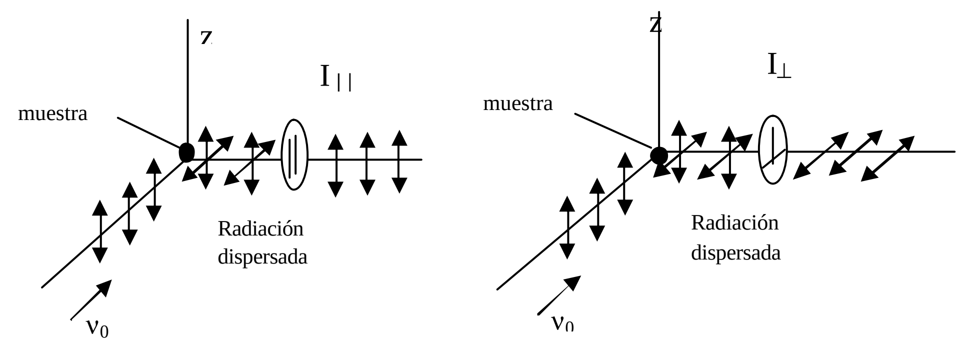
En los cristales, las moléculas o iones adoptan orientaciones preferentes y con frecuencia alguno de los ejes cristalográficos coincide con alguno de los ejes de simetría de la molécula o el ion y, en esos casos, es muy fácil relacionar los espectros obtenidos con la orientación del cristal. Por ejemplo, es conocida la existencia de cristales que transmiten luz de diferente color si la dirección de observación sigue diferentes ejes cristalográficos; son los llamados cristales dicroicos.

**5.2. Espectro Raman vibracional**

La dispersión de la luz es un fenómeno bien conocido aunque su observación directa exige grandes cantidades de muestra, dada su baja intensidad. La dispersión de la radiación solar que incide sobre las partículas que hay en suspensión en la atmósfera explica, por ejemplo, que durante el día pueda verse todo el cielo iluminado aunque no se mire en la dirección de la fuente de radiación: el Sol. Además la intensidad de la luz dispersada crece con la cuarta potencia de la frecuencia de la radiación incidente y ello justifica que el cielo se vea de color azul, ya que cuando la luz solar, blanca, es dispersada, la mayor intensidad de esa luz dispersada corresponde a la zona del espectro visible en el que la frecuencia es mayor, es decir, al azul.

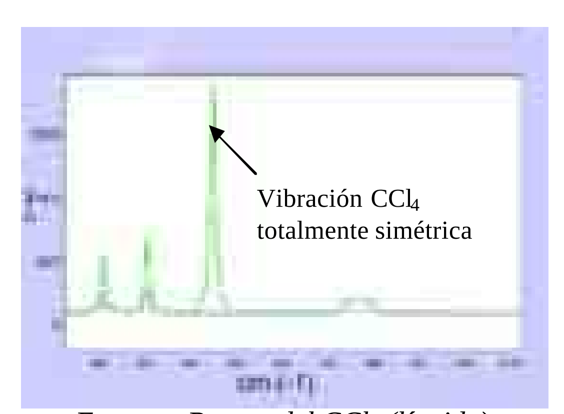
La mayor parte de la radiación dispersada tiene la misma frecuencia que la radiación incidente y recibe el nombre de *dispersión Rayleigh*, pero una pequeñísima fracción (aproximadamente $10^{-3}$ del total de la radiación dispersada) tiene una frecuencia menor, *dispersión Raman Stokes*, o mayor, *dispersión Raman anti-Stokes*, que la radiación incidente. La diferencia de frecuencia entre la radiación incidente y la dispersada corresponde a la frecuencia de vibración de las moléculas del medio. El estudio y análisis de la información contenida en la radiación dispersada es el objetivo de la *espectroscopía Raman*.

Actualmente la fuente de radiación utilizada para producir el efecto Raman es un láser que emite luz monocromática y polarizada. Como la radiación que incide sobre la muestra está polarizada en un plano y se examina la radiación dispersada (que no conserva las propiedades de polarización) a través de un analizador colocado paralela o perpendicularmente al plano de polarización de la luz incidente (ver Figura), la intensidad medida en cada una de las orientaciones no es la misma.




*Esquema para la medida experimental del grado de despolarización.*

La relación $\rho = I_{\perp} / I_{||}$ se denomina *grado de despolarización* (también *factor de despolarización* o *relación de despolarización*) y, para las bandas de vibración activas en Raman, su valor está comprendido entre 0 y 3 / 4. Si $\rho = 3/4$ se dice que la banda es despolarizada, mientras que si $0 \leq \rho \leq 3/4$, la banda es polarizada. El valor del grado de despolarización de una banda depende de la simetría de la molécula y de la simetría de la vibración correspondiente. Las únicas bandas que pueden ser polarizadas son las asignables a vibraciones totalmente simétricas (la simetría de la molécula no cambia aunque los átomos estén vibrando), por lo tanto, la medida del grado de despolarización permite asignar de forma inmediata las bandas polarizadas a esos tipos de vibraciones. Por ejemplo, el tetracloruro de carbono, cuyas moléculas tienen geometría tetraédrica, tiene un modo de vibración totalmente simétrico que corresponde a la vibración en fase de los cuatro enlaces C-Cl, en esta vibración los cuatro enlaces C-Cl se estiran, o se encogen, simultáneamente y por lo tanto la simetría tetraédrica se mantiene. La correspondiente banda de vibración en el espectro Raman es, por tanto, totalmente polarizada y se extingue completamente en el espectro obtenido con el analizador perpendicular como puede observarse en la Figura en la que se muestra el espectro Raman del $CCl_4$ (líquido):




*Espectro Raman del $CCl_4$ (líquido).*

# TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA DE LOS CONCEPTOS DE "SUSTANCIA PURA" Y "MEZCLA"

***Mª. Teresa Ocaña Moral, Rocío Quijano López, Luís C. Vida Sagrista***
Departamento de Didáctica de las Ciencias
Universidad de Jaén, 23071 Jaén
mocana@ujaen.es, rquijano@ujaen.es, lcvisa@yahoo.es

*Partimos del hecho, observado y comprobado, de que el conocimiento de una materia no implica la capacidad por parte del docente de enseñarla. Este problema es particularmente importante en el caso de la formación de los futuros maestros, ya que éstos no sólo han de conocer los conceptos, sino que también han de ser capaces de comunicarlos a sus alumnos. De este modo, la intención de este trabajo es observar las dificultades que presentan los alumnos de la titulación en Magisterio para la adquisición de los conceptos de "sustancia" y "mezcla" y su posterior transposición didáctica a sus propios aprendices en su futura labor docente.*

## 1. INTRODUCCIÓN

El problema que tratamos, surge del hecho de que los estudiantes de Magisterio presentan serios problemas para la conceptualización de los términos "sustancia pura" y "mezcla".

Según hemos podido observar, la cuestión principal podría radicarse en las ideas previas que los alumnos poseen acerca de estos términos. Es decir, la utilización que el contexto cultural y social hace de los conceptos de "materia", "sustancia" y "mezcla" difiere sustancialmente de su definición científica, lo que conlleva serios problemas a la hora de que los alumnos los interioricen y, por supuesto, de asimilarlos de manera coherente con el fin de que puedan ser transmitidos posteriormente a sus propios discentes.

Una segunda dificultad a la que nos enfrentamos, es el diferente currículo con el que los alumnos acceden a la Titulación de Magisterio, lo que nos lleva a encontrar en una misma aula a discentes con muy distintos niveles de conocimiento sobre la materia, según la especialidad que hayan cursado en el bachillerato.

Esta realidad, nos lleva a buscar una estrategia didáctica que nos permita, por un lado, integrar los distintos conocimientos de los alumnos hasta un nivel mínimo compatible con las exigencias del currículo, y por otro, modificar las ideas previas de los alumnos acerca de los conceptos tratados, con el fin de adecuarlas al conocimiento científico que pretendemos enseñar a los futuros docentes.

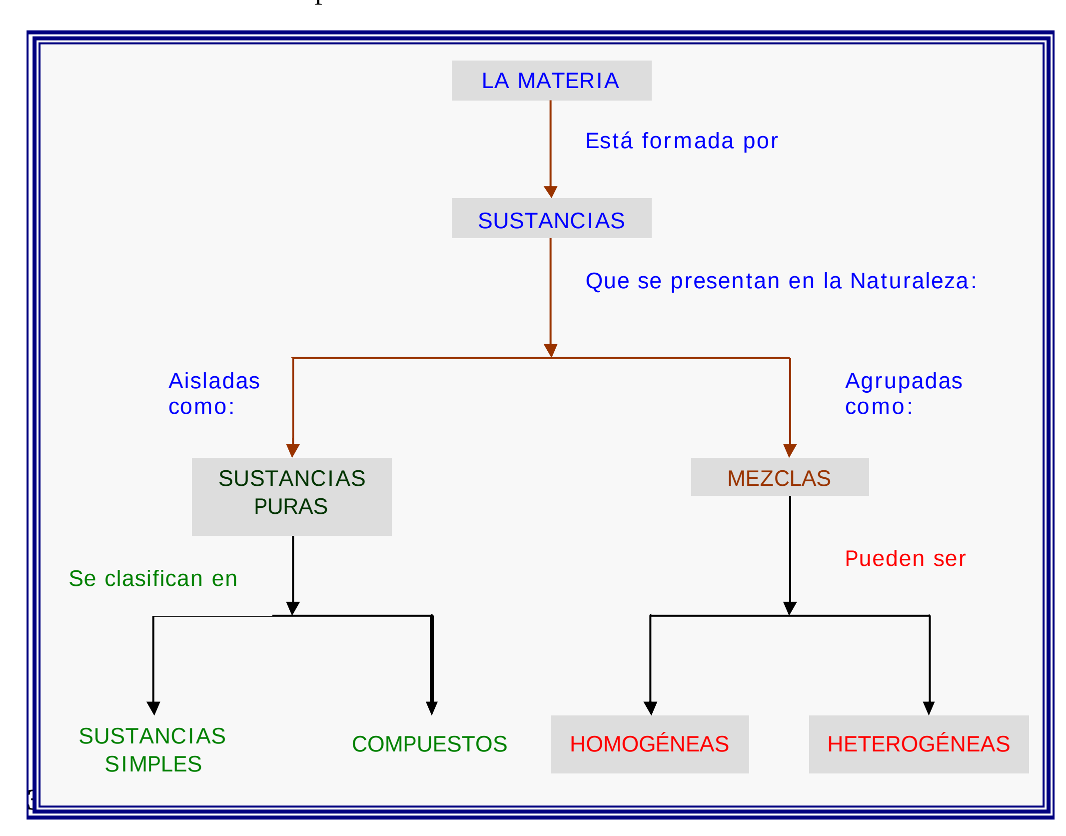
## 2. CONCEPTO DE “SUSTANCIA PURA” Y “MEZCLA”

Tal y como podemos extraer de diferentes textos (1-3), la realidad teórica a explicar es que en la naturaleza, la materia se presenta en forma de **sustancias puras** y mezclas.

Las sustancias puras tienen una composición definida y constante en condiciones normales de temperatura y presión, no pudiéndose separar en otras sustancias mediante procedimientos físicos de separación.

Las mezclas son agrupaciones de varias sustancias puras que pueden ser separadas mediante procedimientos físicos.

En el cuadro siguiente, presentamos una representación esquemática de la relación existente entre los conceptos tratados:




## 3. DIFICULTADES OBSERVADAS PARA EL APRENDIZAJE DE ESTOS CONCEPTOS

Los problemas con que los docentes nos enfrentamos a la hora de enseñar a los alumnos estos conceptos que, por otra parte, son básicos para su futuro aprendizaje de lo que es el cambio químico, podrían resumirse como sigue:

1. Los términos “materia” y “sustancia” son utilizados indistintamente por los alumnos (como resultado de un aprendizaje anterior erróneo basado en el hecho de que sus propios profesores no utilizaban correctamente ambos vocablos).

2. Todos los materiales, productos o sustancias son considerados como “mezclas de elementos”.

3. Los alumnos consideran “sustancias puras” a aquellas materias que están “sin mezclar”.

4. Sólo los elementos son considerados como “sustancias puras” (sin mezclar).

5. Los alumnos, en general, presentan dificultades para transferir lo aprendido en un contexto a otro distinto. Por ejemplo:

- Cuando se les pide únicamente que definan el concepto “materia”, esto es, que extraigan un significado concreto de una pregunta de desarrollo más extensa, un considerable porcentaje de ellos son incapaces de contestar escuetamente lo que se les pregunta, mientras que otros se remiten a la definición de “masa”.

- Una vez explicados los contenidos y realizadas las actividades correspondientes, al darles una serie de “sustancias puras” y “mezclas” no mencionadas anteriormente y pedirles que digan qué son y justifiquen porqué, se producen errores como:

“Un trozo de mineral de hierro en forma no cristalina” → “mezcla”: porque se puede machacar y obtenerse trozos más pequeños.

“Agua” → “mezcla”: porque es una *mezcla* de oxígeno e hidrógeno.

6. Existe una actitud, si no negativa, al menos de falta de interés hacia la Ciencia en general y, por lo tanto, hacia estos conceptos en particular. Esto, unido a la conducta reflejada en el punto 1 implica no sólo que los alumnos no diferencien entre ambos términos, sino que además no muestran interés en aprenderlos.

Esto nos lleva a afirmar que los estudiantes relativizan el concepto de sustancia, dando mayor relevancia a la clasificación de los materiales en mezclas más o menos íntimas, usando la clasificación de estas últimas como criterio de observación (4), presentando a la vez, una enorme falta de interés acerca de los contenidos científicos presentes en el currículo.

Tanto los hechos observados, como la bibliografía consultada, nos llevan a pensar que el problema estriba, no tanto en que los estudiantes tomen como criterio para decidir si están tratando con una “sustancia pura” o una “mezcla”, la permanencia o no de una propiedad observable, sino en que extraen conclusiones basándose únicamente en ella; cuando el criterio científico válido sería la caracterización macroscópica de las sustancias a partir de la observación de varias propiedades específicas.

Es decir, el primer obstáculo a vencer por los alumnos para comprender estos conceptos, es llegar a aprender significativamente el concepto macroscópico de sustancia química y saber diferenciarlo del de mezcla, que es como se representan la mayoría de los sistemas materiales o productos que usamos en la vida cotidiana (4).

## 4. FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS

Las investigaciones realizadas sobre el aprendizaje de la Química en general, indican que existen unas fuertes dificultades conceptuales en el aprendizaje de esta materia, que persisten incluso después de largos procesos de instrucción. El cambio conceptual entendido no como la sustitución de un conocimiento más simple, el cotidiano, por otro más complejo, el científico, sino como la adquisición de diferentes tipos de conocimiento o representaciones para tareas o situaciones distintas, es poco frecuente y difícil de lograr en la Química en general (5), y en los conceptos que nos ocupan en particular.

Esta situación es tanto más preocupante, en cuanto que estamos hablando de la formación de los futuros docentes, que serán los encargados de impartir estos conocimientos a las generaciones venideras y, por lo tanto, transmitirán a éstos sus lagunas de conocimientos o sus errores conceptuales acerca de una determinada materia.

Por lo tanto, nuestra primera pretensión será la de lograr ese cambio conceptual en nuestros alumnos, para lo cual es necesario que éstos superen las teorías implícitas que mantienen.

El cambio conceptual en el aprendizaje de la Ciencia y de la Química, en general, y de los conceptos que estudiamos en este trabajo, en particular, posee tres dimensiones, que si bien no implican un proceso lineal, sino sucesivos avances y regresiones, si que están ligadas por una dimisión de cambio gradual:

1. En primer lugar, es necesario un cambio epistemológico, es decir, un cambio en la lógica a partir de la cual el alumno organiza sus teorías.
2. En segundo lugar, es necesario un cambio ontológico, es decir, un cambio en el conjunto de objetos asumidos en esas teorías.
3. En tercer lugar, es necesario un cambio conceptual, es decir, un cambio en el marco en el que se inscriben los conceptos implicados.

Desde el punto de vista de la enseñanza, es esta última dimensión la que más nos interesa, ya que supone que el alumno pase de una visión centrada en los hechos y las propiedades observables de las sustancias, a comprender la materia como un complejo sistema de partículas siempre en interacción (5).

## 5. ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS

Es posible establecer una cierta relación entre los objetivos perseguidos en la enseñanza y la metodología usada para conseguirlos; esto es, si bien no existe una relación unívoca entre objetivos conseguidos y metodología, ya que son multitud de factores los que intervienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje, es cierto que, una vez fijados los objetivos, podemos establecer las orientaciones metodológicas que harán más probable su consecución (6).

En primer lugar, hemos de considerar la existencia de las ideas previas de los alumnos como una realidad que ha de ser incorporada al proceso de enseñanza-aprendizaje, puesto que son utilizadas por éstos como referencia para comprender y

asimilar los nuevos conocimientos. Esto requiere, por parte del docente, una labor para reconocer estas ideas previas que le permita tomar medidas didácticas eficaces para la consecución de los objetivos propuestos.

En segundo lugar, y no por ello menos importante, hemos de considerar la motivación del alumnado, ya que por buenas condiciones de enseñanza que se establezcan, si el alumno no está motivado o no presta atención, no aprenderá nada (7). Este es un problema de difícil solución ya que, a pesar de que estamos inmersos en una sociedad altamente tecnificada, que necesita tanto científicos que desarrollen una labor de investigación, como ciudadanos científica y técnicamente formados con capacidad crítica para valorar los avances de la Ciencia, las Ciencias no son un valor en alza en la actualidad y es complicado conectar los contenidos del currículo con temas de interés para el alumno.

En tercer lugar, hemos de considerar la necesidad de que el alumno participe de forma activa en su propio aprendizaje, haciendo especial hincapié en la enseñanza de los contenidos procesuales y actitudinales: no sirve de nada hacer una descripción exhaustiva de los conceptos si los alumnos no aprenden a manejar los procedimientos científicos que les van a servir para crear nuevos conocimientos, confirmar o no una idea, contrastar hipótesis,…, que les van a llevar a ser capaces de resolver eficazmente problemas académicos y cotidianos (6).

**6. CONCLUSIONES**

Las dificultades observadas en el aprendizaje de los conceptos de "sustancia pura" y "mezcla" son el resultado de una conjunción de factores de entre los que cabe destacar las ideas previas que los alumnos poseen sobre ellos -tanto las adquiridas de forma errónea en otros niveles de enseñaza, como las que de manera informal circulan como conocimiento pseudo-científico en la sociedad actual- y la nula o escasa motivación que hacia los temas de Ciencias presentan la mayoría de los estudiantes.

Para poder solucionar este problema es necesario emplear estrategias didácticas que consigan que los alumnos comprendan la relevancia que estos conocimientos poseen en su futuro papel como docentes y los problemas que un mal proceso de enseñanza-aprendizaje de los mismos podría acarrear a sus futuros discentes.

Para ello, consideramos necesario que los futuros docentes:

- Deben conocer los contenidos que deberán impartir, tanto a nivel conceptual como metodológico.
- Deben ser capaces de reconocer sus propias ideas previas para, de este modo, ser capaces de modificarlas -cuando sea necesario- y también poder reconocerlas en sus futuros alumnos y utilizarlas como base para su aprendizaje.
- Deben desarrollar estrategias que relacionen el conocimiento conceptual que imparten y las actividades prácticas de enseñanza que van ligadas a él, con el fin primordial de ser capaces de motivar a sus futuros alumnos en el aprendizaje de las Ciencias (8).

**REFERENCIAS**

1. J.L. Rosenberg, *Química general*, Ed. McGraw-Hill, 7ª ed., Madrid (1990).
2. J. Morcillo, *Temas básicos de Química*, Ed. Alhambra Universidad, Madrid (1991).
3. T. Prieto, A. Blanco, F. González, *La materia y los materiales*, Ed. Síntesis, Madrid (2000).
4. C. Furió, R. Azcona y otros, *La enseñanza y el aprendizaje del conocimiento Químico*, en F. Perales Palacios, P. Cañal de León (Eds.): *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Ed. Marfil, Alcoy (2000).
5. J. Pozo, M. Gómez Crespo, *Aprender y enseñar Ciencia*, Ed. Morata, Madrid (2001).
6. N. Marín Martínez, *Fundamentos de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Ed. Universidad de Almería (1997).
7. J. Pozo, *Psicología de la comprensión y el aprendizaje de las Ciencias*, Ed. MEC, Madrid (1992).
8. P. Pérez Miranda, I. Galache López, *Cómo abordar la enseñanza-aprendizaje de la Química con alumnos de la Diplomatura de Maestro (Especialidad Primaria)*, en R. Jiménez Pérez, A. Wamba Aguado (Eds): *Avances en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Ed. Universidad de Huelva (1997).

# METODOLOGÍA DOCENTE EN LA ENSEÑANZA DE LAS PROPIEDADES DE LA MATERIA: MASA Y PESO

***Luis Carlos Vida Sagrista, Mª. Teresa Ocaña Moral, Rocío Quijano López***
Departamento de Didáctica de las Ciencias
Universidad de Jaén, 23071 Jaén
mocana@ujaen.es, rquijano@ujaen.es, lcvisa@yahoo.es

*Con frecuencia, utilizamos en nuestro quehacer diario los términos masa y peso de manera ambigua e indistintamente; ello genera errores, los cuales son transmitidos a nuestros alumnos, futuros formadores, desde diferentes ámbitos sociales. Por ello, realizamos una propuesta en la que se intenta poner en contacto al alumno con la especificidad del vocabulario científico, en su vertiente más básica y social, en los términos de masa y peso, considerando los problemas de aprendizaje que pueden surgir.*

## 1. INTRODUCCION

Para justificar el presente trabajo de investigación y comprender hasta qué punto los Museos de las Ciencias son, sin lugar a duda, una excelente herramienta didáctica y excelentes difusores de la Ciencia, tomamos como punto de partida el estudio publicado en Marzo de 2003, por la Federación Española de Ciencia y Tecnología, en el que se llega a la conclusión de que existe un consenso en referencia a que los cambios que se están produciendo en nuestra sociedad, son producto de la mundialización de la economía y de las tecnologías de la información, de las comunicaciones, en la Biología o de los materiales avanzados y las aplicaciones de éstos.

Estos cambios no solo afectan al desarrollo económico y social, sino que llevan, además, al encumbramiento de los valores cívicos. Es desde la base de la sensibilización social, desde la que se alcanza el acuerdo del Consejo Europeo de Lisboa de Marzo de 2000 (refrendado mas adelante por los de Niza y Barcelona) sobre la ambición y meta europea de conseguir para 2010 "la economía más competitiva y más dinámica del mundo, capaz de un crecimiento económico sostenible acompañado de la mejora cuantitativa y cualitativa del empleo y de una mayor cohesión social".

Se intenta así establecer los cimientos de una sociedad que impida la división entre los que tienen acceso al saber, y se benefician del desarrollo de los conocimientos, y los que no. Además, los ciudadanos perciben con mayor claridad los efectos positivos que la Ciencia y la Tecnología tienen sobre el desarrollo económico y las condiciones de vida y de trabajo, aunque también exista una mayor preocupación relativa a la utilización inapropiada de los resultados de dicha investigación. Esto genera en la sociedad, no en pocas ocasiones, dilemas de difícil comprensión.

Es necesario implantar un diálogo entre Ciencia y sociedad; es indudable el hecho de que éste será más fructífero y enriquecedor si el público heterogéneo, en el que se incluyen, sin lugar a dudas discentes de todas las edades, puede formar su opinión tomando como base la adquisición de una cultura científica y tecnológica básica.

Del informe anteriormente mencionado, se desprende que, para poblaciones de edades variadas, la Ciencia es considerada como interesante para un 73% de la población y como algo aburrido para un 18%; se destaca además que en la población de menor edad, la imagen de la Ciencia se considera como algo aburrido.

Ante la problemática existente, materializada en el abandono del estudio de las Ciencias en cuanto pueden, dejando la escuela como ignorantes o incluso presentando cierta hostilidad hacia la misma, se plantea el estudio de cómo abordar los conceptos de peso y masa en el aula y la contaminación sufrida por los mismos en el lenguaje coloquial.

Dentro de las finalidades de la Educación Secundaria Obligatoria, en referencia al aprendizaje científico, encontramos las siguientes (RD 831/2003; RD 832/2003): Las finalidades de la Educación Secundaria Obligatoria son: transmitir a los alumnos los elementos básicos de la cultura, especialmente en sus aspectos científico, tecnológico y humanístico; afianzar en ellos hábitos de estudio y trabajo que favorezcan el aprendizaje autónomo y el desarrollo de sus capacidades; formarlos para que asuman sus deberes y ejerzan sus derechos como ciudadanos responsables, y prepararlos para su incorporación a estudios posteriores y para su inserción laboral con las debidas garantías.

Cabe ante ello destacar como uno de los principales objetivos el concebir el conocimiento científico como un saber integrado, que se estructura en distintas disciplinas, matemáticas y científicas, y conocer y aplicar los métodos para identificar los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia, para su resolución y para la toma de decisiones.

La Ciencia en la sociedad actual es un área de conocimiento imprescindible para comprender los avances tecnológicos que continuamente se están produciendo y que, poco a poco, van transformando nuestras condiciones de vida.

Ha sido en el campo de las Ciencias Bioquímica, Física y Química donde los logros conseguidos por los investigadores han sido más espectaculares, sobre todo en aspectos directamente relacionados con las telecomunicaciones, la salud, el medio ambiente y los recursos tecnológicos. Por esta razón, los conocimientos científicos deben integrarse en el currículo básico para que su formación integral, tanto científica como humanística, esté debidamente compensada. Conociendo los aspectos básicos de ambos campos, los alumnos tendrán la posibilidad de elegir su futuro con expectativas de éxito.

Los conocimientos que sobre las ciencias naturales o experimentales han sido adquiridos por los alumnos en el nivel de Educación Primaria deben ser afianzados y ampliados durante la etapa de Educación Secundaria Obligatoria. Por ello, y después de haber estudiado las Ciencias de la Naturaleza, desde un punto de vista general, en

el primer y segundo cursos de la Educación Secundaria Obligatoria, se han separado, en los cursos de tercero y cuarto de esta etapa, la «Biología y Geología» de la «Física y Química».

Los contenidos que se trabajan en esta asignatura deben estar orientados a la adquisición por el alumnado de las bases propias de la cultura científica, haciendo especial énfasis en la unidad de los fenómenos que estructuran el mundo natural, en las leyes que los rigen y en la expresión matemática de esas leyes, obteniendo con ello una visión racional y global de nuestro entorno con la que se puedan abordar los problemas actuales relacionados con la vida, la salud, el medio ambiente y las aplicaciones tecnológicas.

En el currículo que se plantea en la asignatura Física y Química, en los dos últimos cursos de esta etapa, se ha elaborado una aproximación de conjunto al conocimiento de los fenómenos naturales, integrando conceptos y subrayando las relaciones y conexiones entre los mismos. Se pretende que el alumno descubra la existencia de marcos conceptuales y procedimientos de indagación comunes a los diferentes ámbitos del saber científico.

Los contenidos seleccionados en los dos cursos obedecen a un orden creciente de complejidad y, por tanto, van asociados a la madurez del alumnado al que van destinados. Los procedimientos que se introducen son aspectos del aprendizaje estrechamente relacionados con los conceptos; entre ellos se deben incluir la Tecnología de la Información y la Comunicación y los medios audiovisuales como herramientas de trabajo. También se considera preciso desarrollar el método científico en el estudio de la Física y Química, así como las implicaciones que de él se infieren con la tecnología y sociedad.

Los bloques de contenidos de la asignatura de Física y Química se han distribuido de forma asimétrica entre los dos cursos que lo componen. Así, teniendo en consideración los conocimientos matemáticos que poseen los alumnos, en el tercer curso predominarán los contenidos de Química sobre los de Física y en cuarto, los de Física sobre los de Química, para lograr al final de la etapa un conocimiento compensado y homogéneo de ambas materias.

En particular, en tercero se introduce de manera concreta el método y el trabajo científico. Se estudia la estructura de la materia macro y microscópicamente, como los principales elementos de la reactividad química. Se hace especial hincapié en la considerable repercusión que esta Ciencia tiene en la sociedad actual.

La Física que se estudia en este curso desarrolla conceptos energéticos, especialmente relacionados con la electricidad, por ser sencillos y con múltiples aplicaciones en su entorno.

En el cuarto curso, se ofrecen dos opciones, una A orientada a los alumnos que deseen cursar ciclos formativos o incluso incorporarse al mundo laboral y una B destinada a aquellos alumnos que pretenden seguir estudios de Ingeniería o Licenciaturas de Ciencias.

El objetivo del currículo de la opción A es ofrecer a los alumnos una preparación científica más generalista y cultural, suficiente para desenvolverse de manera adecuada en el mundo del siglo XXI.

En la elaboración de este currículo, se han tenido en cuenta los conceptos fundamentales que conforman la estructura de ambas materias. Este currículo requerirá un desarrollo fundamentalmente experimental, de manera que los alumnos aprendan conceptos básicos de Física y Química a partir de aplicaciones habituales en la vida real. Por este motivo es fundamental que el desarrollo de los contenidos parta desde la perspectiva de una metodología práctica.

En el currículo de la opción B, se engloban en la parte de Física, los conceptos y aplicaciones de fuerzas y movimientos, estudiándose además las energías mecánica, calorífica y ondulatoria. La Química aborda sobre todo los cambios químicos, así como una introducción de los compuestos del carbono.

Los alumnos han de conocer y utilizar algunos métodos habituales en la actividad científica desarrollada en el proceso de investigación, y los profesores, tanto en los planteamientos teóricos como en las actividades prácticas, deberán reforzar los aspectos del método científico correspondientes a cada contenido.

Por último, no hay que olvidar la inclusión, en la medida de lo posible, de todos aquellos aspectos que se relacionan con los grandes temas actuales que la ciencia está abordando, así como la utilización de las metodologías específicas que las Tecnologías de la Información y la Comunicación ponen al servicio de alumnos y profesores, ampliando los horizontes del conocimiento y facilitando su concreción en el aula o laboratorio.

Como objetivos principales cabe destacar:

1. Iniciarse en el conocimiento y aplicación del método científico.

2. Comprender y expresar mensajes científicos utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad, así como interpretar diagramas, gráficas, tablas, expresiones matemáticas sencillas y otros modelos de representación.

3. Interpretar científicamente los principales fenómenos naturales, así como sus posibles aplicaciones tecnológicas, utilizando las leyes y conceptos de la Física y la Química.

4. Conocer la interpretación que la Física y la Química otorgan a muchos de los sucesos de nuestro entorno habitual y la base científica que tienen los aparatos de uso cotidiano.

5. Participar de manera responsable en la planificación y realización de actividades científicas.

6. Utilizar de forma autónoma diferentes fuentes de información, incluidas las Tecnologías de la Información y la Comunicación, con el fin de evaluar su contenido y adoptar actitudes personales críticas sobre cuestiones científicas y tecnológicas.

7. Reconocer y valorar las aportaciones de la ciencia para la mejora de las condiciones de existencia de los seres humanos y apreciar la importancia de la formación científica.

8. Aplicar los conocimientos adquiridos en la Física y Química para disfrutar del medio natural, valorándolo y participando en su conservación y mejora.

9. Entender el conocimiento científico como algo integrado, que se compartimenta en distintas disciplinas que permiten profundizar en los diferentes aspectos de la realidad.

De hecho, en el itinerario A, aparecen como contenidos, las magnitudes y su medida, subrayando la importancia de la medida de masas, volumen, longitud y tiempo.

## 2. DESARROLLO

¿Pero cómo presentamos a nuestros alumnos, futuros formadores, la Ciencia?.

Podemos cometer el error de convertirla en un *dogmatismo opresor* (1), que haga a los alumnos llegar a rechazarla y criticarla, o porqué no, convertirla en la gran desconocida de la mayoría de nuestra sociedad, llegando a relegarla a un segundo plano por detrás de las pseudociencias o las supersticiones.

Las ciencias sociales y de la comunicación, evidencian de manera clara la influencia de los factores sociales en el afloramiento del conocimiento científico, hasta el punto de considerar la existencia de la tecnociencia como consecuencia de la actual indisolubilidad existente entre Ciencia y Tecnología.

Consideremos ahora la Ciencia como una actividad transformadora del mundo; ello supone abordar el concepto de ciencia como *actividad científica*, elaborando el conocimiento científico de manera justificada.

Como apunta Echevarría (2), para comprender esta visión de la Ciencia, ya no basta su vertiente epistemológica, como una justificación lógica del conocimiento, sino que es necesaria introducir un la vertiente axiológica, como conjunto de valores que justifica las acciones humanas.

Con respecto a los contextos de la actividad, cuatro son los ámbitos que se podrán diferenciar claramente: la innovación, la evaluación, la enseñanza y la aplicación. Tanto es así, que será la enseñanza la vertiente a través de la cual las distintas generaciones hacen posible la incorporación de nuevos miembros a cada disciplina.

La actividad científica no sólo es fruto del trabajo de laboratorio, o de la elaboración de artículos científicos, sino que las acciones que harán a una Ciencia posible existir, además de las ya apuntadas, son la respuesta a las necesidades de empresas, talleres así como de las escuelas en las cuales se enseña Ciencia. Así, el conocimiento científico, la experimentación y el lenguaje, interaccionan transformando el mundo (3), y dejando así patente que el estudio de la Ciencia no puede hacerse de manera aislada al de instrumentos y del lenguaje, con lo que ciencia y técnica han de caminar al unísono.

Para abordar la actividad científica desde el contexto educativo, es necesario considerar en todo momento los siguientes aspectos (4):

- Educar científicamente, supone prepara para comprender y realizar la actividad científica. Al ser dicha actividad una actividad de carácter complejo, su enseñanza, por

ende, también ha de serlo. Así, la enseñanza de las ciencias debe tener la meta, el fin y el campo de aplicación adecuados al contexto escolar, debiendo enlazar con los valores de nuestros alumnos y con el objetivo de la escuela.

- La Ciencia, ha pasado a ser un aspecto de la cultura de toda la población, y al no ofrecerse sólo a futuros científicos, requerirá de nuevas estrategias para su aprendizaje y un rediseño.

Dentro de los diferentes modelos propuestos para la enseñanza de las Ciencias, el constructivismo didáctico ha sido germen de un gran número de prácticas de aulas innovadoras y pretende ser referente para un gran número de didactas. El constructivismo didáctico, asumen como meta enseñar a pensar científicamente de manera que los alumnos sean capaces de pensar científicamente pudiendo así introducir cambios, sintiéndose copartícipes del progreso de la sociedad.

La actividad científica, tiene como fin último la construcción del conocimiento científico justificado, que debe además, coincidir con el conocimiento científico normativo de las Ciencias. El hecho enseñar-aprender Ciencias, ha de constituir una actividad que tenga como resultado la construcción de conocimiento científico dinámico, capaz de hacer al alumno artífice del mismo, introduciendo cambios que hagan progresar a la sociedad.

La construcción del conocimiento justificado ha de ser la finalidad de nuestra actividad científica escolar, coincidiendo con el conocimiento científico normativo; así el reto es conseguir que el proceso enseñar-aprender Ciencias constituya una actividad escolar que tenga como resultado la construcción de conocimiento dinámico.

La ciencia escolar puede así aproximarse a lo que es una ciencia “sabia”, que es aquella que se dedica a loa que tiene valor para la vida humana e implica de un problema científico a un problema social, de un interés individual a un interés colectivo, del aislamiento a la cooperación, del pensamiento a la acción del conocimiento enciclopédico a la comprensión, interesándose por el planteamiento de los problemas y no sólo por su la resolución de éstos, por buscar información y no sólo por recibir la misma.

Así, enseñar a razonar tiene un significado diferente en el marco de la nueva Historia y Filosofía de la Ciencia y de la didáctica constructivista del que tenía en el marco de la “concepción heredada” y del aprendizaje transmisivo. Lo importante ahora es generar hechos científicos, utilizando modelos teóricos y fenómenos, con los cuales se puedan intervenir, calcular y hacer predicciones constatables.

Por ello, enseñar a razonar va unido a un estilo de clase en la cual el alumno se vea con la necesidad de reflexionar, a actuar en su proceso de aprendizaje. Para establecer este modelo de clase razonable, debemos considerar los siguientes aspectos de relevancia constatada: la dinámica científica escolar, los objetivos de la clase de ciencias, las teorías y la experimentación en las ciencias escolares, el lenguaje y el razonamiento.

Así, la epistemología escolar sólo actua a partir del modelo del mundo y del mundo que se plantea en el aula, el cual también ha de ser coherente en sus planteamientos, explicaciones espontáneas de los alumnos, sus valores y prioridades.

**3. EJEMPLO ESTUDIADO**

El *peso* es la fuerza vertical dirigida hacia el centro de la Tierra que experimentan todos los cuerpos situados en las proximidades de su superficie, fuerza que tiene su origen en la gravedad. Es la *fuerza de atracción gravitatoria* entre el cuerpo y la Tierra. Su magnitud puede calcularse a partir de la ley que rige este tipo de interacciones. Así, representando la masa del cuerpo por $m$ y la masa de la tierra por $M_T$, la ley de la gravitación se expresa como:

$$P = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{r^2}$$

La distancia $r$ del cuerpo al centro de la Tierra puede considerarse como la suma entre la altura $h$ del cuerpo sobre la superficie y el radio de la Tierra $R_T$ en el lugar correspondiente; es decir, $r = R_T + h$. $G$ es una constante universal, $M_T$ no varía y $m$ es también constante para cada cuerpo, de modo que el peso de un cuerpo dado dependerá sólo de su posición. No será el mismo a nivel del mar que en la cima del Everest, pues la distancia $R_T + h$ al centro de la Tierra variará de un lugar a otro. Por otra parte y debido a que la Tierra no es una esfera perfecta, sino achatada por los polos, su radio $R$ variará con la latitud geográfica.

**3.1. Masa inerte y masa gravitatoria**

La masa inerte es la magnitud que aparece en la ecuación fundamental de la dinámica, $F = m \cdot a$. Su medida puede efectuarse mediante experimentos dinámicos de forma indirecta, como cociente entre la fuerza que se aplica a un cuerpo medida con un dinamómetro y la aceleración que resulta determinada por procedimientos cinemáticos. Cabe entonces preguntarse por la naturaleza de la masa a la que hace referencia la ley de la gravitación universal y que recibe el nombre de *masa gravitatoria.*

Según la ecuación anterior, en un lugar geográfico determinado en el cual $R_T$ y $h$ toman un valor fijo, este nuevo tipo de masa resulta proporcional al peso en cuestión, razón por la cual puede medirse mediante una balanza de dos brazos.

A pesar de que masa inerte y masa gravitacional tienen su origen en leyes diferentes, existe entre ellas un buen número de analogías; ambas se expresan mediante números; ambas son proporcionales a la cantidad de materia y en un lugar fijo lo son también al peso, siendo, por tanto, proporcionales entre sí. Las modernas teorías físicas, al tratar esta coincidencia aparentemente casual, van más allá de una simple proporcionalidad y establecen su equivalencia. De acuerdo con este principio

simple, pero con un profundo significado físico, es posible entonces medir masas inertes con balanzas y ambas pueden ser representadas mediante el mismo símbolo *m.*

**3.2. Masa y peso**

La equivalencia entre masa inerte y masa gravitatoria permite identificar la ecuaciónes anteriores. Igualando, por tanto, sus segundos miembros resulta:

$$m \cdot g = \frac{G \cdot M_T \cdot m}{(R_T + h)^2}$$

ecuación que dividida por *m* da la siguiente expresión con el valor de g.

Esta nueva expresión de la *aceleración de la gravedad* le otorga un nuevo significado y explica, además, algunas de sus características. La aceleración *g* no es igual en todos los puntos de la Tierra, lo cual es debido a su dependencia de $R_T$. Tomando como valor medio del radio terrestre $R_T = 6{,}37 \cdot 10^6$ m y como estimación de su masa $M_T = 5{,}98 \cdot 10^{24}$ kg, se nos permite calcular el valor de *g* al nivel del mar ($h = 0$):

$$g = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5{,}98 \cdot 10^{24}}{(6{,}37 \cdot 10^6)^2} = 9{,}83 \ m/s^2$$

que coincide, dentro del error experimental, con el valor de *g* calculado a partir de la observación de movimientos de caída libre.

Esa nueva relación permite, además, hacer predicciones. Así, es posible calcular la aceleración $g_L$ con la que caerá un cuerpo sobre la superficie de la Luna, a partir del valor de su radio $R_L = 1{,}74 \cdot 10^6$ m y de su masa $M_L = 7{,}35 \cdot 10^{22}$ kg, empleando una expresión análoga:

$$g_L = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{7{,}35 \cdot 10^{22}}{(1{,}74 \cdot 10^6)^2} = 1{,}62 \ m/s^2$$

que resulta ser aproximadamente la sexta parte de la aceleración terrestre *g.*

Tomando como valor aproximado de *g*, 9,8 $m/s^2$ el cuerpo de 1 kg de masa pesará en la Tierra 9,8 N y, en general, se cumplirá que el peso de un cuerpo expresado en N es igual al valor de su masa en kilogramos multiplicada por 9,8:

$$P(\text{N}) = m(\text{kg}) \cdot 9{,}8$$

Con cierta frecuencia, se expresa el peso en otra unidad de medida de fuerza distinta del newton, cual es el kilogramo-peso o kilopondio (kp). Esta unidad, que no pertenece al SI, equivale precisamente a 9,8 N**.** Tal equivalencia hace que un cuerpo de un kilogramo de masa pese un kilogramo peso, es decir 9,8 N; en general, el mismo número que indica la masa de un cuerpo en kg expresa su peso en kp**.** Esta coincidencia, junto con el hecho de que la masa y el peso sean magnitudes proporcionales, hace que se confundan con facilidad; sin embargo, se trata de

magnitudes diferentes; el peso es una fuerza, la masa no; el peso varía de un lugar a otro, la masa es constante. De igual modo el kilogramo peso y el kilogramo masa son unidades de magnitudes distintas que corresponden a diferentes sistemas de unidades.

## 4. CONCLUSIONES

Al haber cambiado radicalmente la concepción del aprendizaje científico en nuestra sociedad, siendo éste hoy en día un aspecto de la cultura de toda la población, y no al ofrecerse sólo a futuros científicos, las conclusiones irán inevitablemente gobernadas por dicha realidad.

- El docente debe destacar la funcionalidad de lo que se va aprender al que lo va a hacer. Para ello, el alumno debe conectar los aprendizajes del aula con los no académicos, planteando tareas que favorezcan dicha conexión.
- Debemos considerar las posibles preconcepciones que existan en nuestros alumnos, como consecuencia del habla popular en el caso particular que nos atañe, favoreciendo el afloramiento de las mismas.
- El docente es él único capaz de propiciar un cambio conceptual, haciendo a los alumnos que se planteen sus ideas, las discutan y las modifique. En otras palabras, que construya su conocimiento de la materia abordada.
- El docente debe diversificar el tipo de actividades a realizar, recapitulando periódicamente, implicando así en el rol del progreso al alumno y en el de orientador al profesor.
- Considerando que el tránsito del aprendizaje perceptivo al conceptual no es automático, debemos facilitar al alumno el aprendizaje mediante la construcción de significados, los cuales suelen ser consistentes con su aprendizaje anterior, haciendo así a los mismos responsables de sus propios aprendizajes.
- El profesor ha de ser no sólo *experto científico*, sino *experto docente*; así aflorarán experiencias de aprendizaje por investigación en la que nuestros alumnos se considerarán como científicos.
- Algunos profesores piensan que las causas de las dificultades existentes en el aprendizaje están siempre en los alumnos, debido a causas como pueden ser la escasa motivación o la falta de conocimientos iniciales. Reconozcamos también que la ambigüedad en la utilización de los conceptos de peso y masa en la vida diaria, también es causante de serios problemas de aprendizaje.
- Como puede observarse en el ejemplo expuesto de Bachillerato, se plantean verdaderos problemas de aprendizaje a los cuales tienen que enfrentarse nuestros alumnos al abordar el estudio de peso y masa, hasta el punto de tener que leer afirmaciones como esta: *"…un kilogramo de masa pesa un kilogramo peso"*.

## REFERENCIAS


1. M. Izquierdo, *Alambique*, **1996**, Vol. 8, 7-21.
2. J. Echevarría, *Filosofía de la Ciencia*, Ed. Akal, Madrid (1995).
3. P. Guidoni, *Eur. J. Sci. Ed.*, **1985**, Vol. 7, 133-140.

4. M. Izquierdo, *Fundamentos epistemológico*, en F.J. Perales, P. Cañal (coord.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp 37-50, (2000).

# CURSO DE INTRODUCCIÓN EN LAS ENSEÑANZAS TÉCNICAS. EXPERIENCIA DEL "QUADRIMESTRE ZERO, Q0" EN LA ETSEI DE BARCELONA

***Marc Barracó Serra [1], Mª. Àngels Adrià Casas, Ricard Torres Cámara [1], Pere Surià Lladó***
Departament de Mecànica de Fluids.
Escola Tècnica Superior d´'Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)
[1] Grup de Recerca Interdepartamental per a la Col·laboració
Científica Aplicada (GRICCA)
Avda Diagonal, 647. 08028 Barcelona. barraco@mf.upc.edu

*Uno de los aspectos más conflictivos en la enseñanza ocurre en el proceso de acceso a la Universidad, proveniendo los alumnos de Centros de enseñanza secundaria. Las formas, metodologías y contenidos de la docencia secundaria y universitaria hacen que se cree un salto en el progreso del estudiante que, a menudo, es traumático. Se ha intentado favorecer la transición mencionada mediante el establecimiento de modalidades propedéuticas. Se analiza la experiencia del "Quadrimestre zero, Q0" desarrollada la ETSEIB, con indicación de las valoraciones y perspectivas que se pueden concluir.*

## 1. ANTECEDENTES

Es conocida la tradicional dificultad en el acceso a la Universidad desde la enseñanza secundaria. Las motivaciones que llevan a esta dificultad se pueden centrar en los aspectos siguientes:

- Las enseñanzas impartidas en los Centros de Educación Secundaria son necesariamente de tipo muy general. La única "especialización" que durante mucho tiempo ha existido se ha centrado en la separación entre "Ciencias" y "Letras". (Cabe indicar que esta separación no ha sido afortunada en su totalidad ya que el desconimiento de ciertos contenidos de la opción no elegida se han manifestado de interés).

- Posteriormente, y es el caso actual, se ha planteado una mayor especialización. Han aparecido de esta manera el bachillerato científico, el bachillerato tecnológico, etc., con indicación de los posibles caminos a elegir, por el estudiante, en la carrera universitaria. Con todo, la concreción exigida en la Universidad no se consigue.

- La misma autoridad académica, consciente de la mencionada dificultad ha planteado en los planes de estudio diferentes curos de "adaptación" a las exigencias universitarias. Así pues, y en distintas épocas, han aparecido cursos "preuniversitario" "de orientación universitaria, COU", "selectivo" (y la versión actualizada de la "fase selectiva"), curso de "iniciación" y los propios cursos de "adaptación" (cuando el acceso no se produce desde los estudios secundarios).

La funcionalidad de estos cursos ha sido doble. Por una parte han servido para seleccionar los estudiantes considerados mejor preparados (los "ingresos", las "reválidas" y las pruebas de "selectividad" son su materialización). La segunda misión es favorecer el paso a una metodología de trabajo muy distinta.

La programación de estos cursos se ha llegado a convertir en una verdadera carrera de obstáculos para la cual la preparación necesaria se ha llevado a cabo frecuentemente con soporte externo de Centros dedicados a la preparación complementaria de la enseñanza reglada.

La desorientación causada en el estudiante (inmerso en su propia formación humana), el volumen de trabajo y el esfuerzo exigido ha producido a menudo un fracaso escolar importante. No es raro que estudiantes "brillantes" en el bachillerato sufran calificacions muy bajas en las primeras pruebas universitarias. Caso de no producirse una reacción positiva, puede sucederse una interrupción temporal de estudios, una modificación de las disciplinas deseadas inicialmente, o un abandono absoluto de los estudios universitarios.

Siempre quedará en cuestión si se pueden perder aptitudes, capacidades y vocaciones en este proceso.

## 2. OBJETIVOS

Con los precedentes indicados y con objeto de optimizar esfuerzos docentes y rendimientos obtenidos evitando en el grado máximo posible las situaciones manifestadas, la "Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB)" de la "Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)", propuso (1) la realización de un curso de introducción que se llamó "Quadrimestre zero, Q0"

Los objetivos primordiales de este curso deberían ser,

- Familiarizar al estudiante con el funcionamiento y la estructura de la Escuela.

- Reforzar los conocimientos adquiridos previamente en las materias básicas necesarias para superar con éxito los estudios de la fase selectiva.

## 3. PROYECTO DEL "QUADRIMESTRE ZERO, Q0"

Se estableció para el curso 2001-2002 el curso de introducción "Quadrimestre zero Q0"(2) enmarcado en el plan de acogida de los estudiantes a la ETSEIB, con finalidad de facilitar el paso de la enseñanza secundaria a la universidad, de las características siguientes:

- Se elabora inicialmente un documento ("Prova de nivell") (3) en el que se incluyen un conjunto de ejercicios que, disponiendo de tiemporazonable, tendrían que ser resueltos con destreza por los estudiantes que deseen acceder a la "ETSEIB" con intención de superar con éxito la "fase selectiva"

- Si se desean empezar los estudios de Ingeniería Industrial y al realizar el documento de ejercicios se tienen dificultades para llegar a solucionarlos correctamente, se puede solicitar la admisión al "Quadrimestre zero Q0" si se ha sido asignado a la ETSEIB por parte de la "Oficina de Pre-inscripció Universitària".

- El Proyecto se desarrolla como prueba-piloto, y como tal es voluntario, para un total de 80 plazas. Se cuenta para la puesta en marcha de este curso con los recursos (créditos) concedidos por la "Universitat".

- Se considera que siendo una actividada académica, es conveniente contar con la colaboración, a parte de profesores, de becarios de cursos superiores (4º y 5º). En las encuestas de opinión formuladas a los estudiantes, la actuación de los becarios ha merecido una calificación muy elevada que se ha atribuído al buen hacer de estos becarios y a la comodidad que representa la ayuda prestada por un colectivo muy próximo generacionalmente.

- El curso representa un avance de lo que el estudiante se encontrará a lo largo de la carrera, por lo que se ha de desarrollar en ambientes más proximos a la realidad universitaria que a la secundaria.

- La dimensión de grupos, el nivel de exigencia, el hábito y regularidad en el trabajo son, probablemente los aspectos más decisivos de la prueba, dando por sentados los puntos de capacidad de abstracción y motivación.

- Las materias impartidas distribuidas en cuatro grupos se describen como (2) Matemáticas (7 horas/semana), Física (5 horas/semana), Química (5 horas/semana) y Materias de soporte a la Ingeniería- Informática y Dibujo técnico (5 horas/semana).

El temario objeto del curso se compone de:

- Matemáticas:
  1 - Geometria del plano y del espacio
  2 - Trigonometría plana
  3 - Polinomios y fracciones racionales
  4 - Álgebra lineal
  5 - Números racionales y reales
  6 - Funciones
  7 - Límites y continuidad
  8 - Derivación
  9 - Integración
- Física:
  1 - Magnitudes y unidades (Mecánica)
  2 - Magnitudes vectoriales
  3 - Cinemática
  4 - Dinámica del punto I : Leyes de Newton
  5 - Dinámica del punto II: Trabajo y energía (Termodinámica)
  6 - Conceptos básicos
  7 - Primer principio
  8 - Segundo principio
- Química:
  1 - Estructura de la materia
  2 - Química orgánica
  3 - Cálculos estequiométricos

4 - Energía de las reacciones químicas
5 - Equilibrio químico
6 - Reacciones químicas

- Dibujo Técnico:
  1 - Prestaciones de un programa de CAD 3D
  2 - Aplicación del CAD 2D a la Geometría plana (elementos, tangencias y enlaces, triangulos, cónicas).
  3 - Aplicación del CAD 2D a la Geometría descriptiva (introducción, verdaderas magnitudes axonometrías)
- Informática:
  1 - Introducción y conceptos básicos
  2 - Software básico
  3 - Sistema operativo Windows
  4 - Ejemplos de aplicación
  5 - Hoja de cálculo
  6 - Programas de cálculo simbólico
  7 - Internet

- El sistema de evaluación contempla la realización de un exámen final, al final del cuatrimestre, y un examen parcial, a medio cuatrimestre. Los exámenes final y parcial -que no elimina materia y es recuperable al final- consistirán en la resolución de ejercicio teóricos y prácticos, así como ocasionalmente cuestionatios tipo test). Se valorarán de manera continuada los ejercicios propuestos y realizados a lo largo del curso.

El organigrama de evaluacion se resume como sigue,

Matemáticas: $NF = 0{,}20\cdot EP + 0{,}10\cdot EC + 0{,}70\cdot EF$
Física: $NF = 0{,}05\cdot EP + 0{,}10\cdot EC + 0{,}85\cdot EF$
Química: $NF = 0{,}10\cdot EP + 0{,}20\cdot EC + 0{,}10\cdot TP + 0{,}60\cdot EF$
Informática: $NF = 0{,}40\cdot Ej + 0{,}60\cdot EF$
Dibujo técnico: $NF = 0{,}40\cdot Ej + 0{,}60\cdot EF$

(NF, calificación final; EP, examen parcial; EC, evaluación continuada; EF, examen final; TP, trabajos prácticos; Ej, ejercicios)

- La evaluación de la globalidad del curso de introducción se efectua mediante el valor de la media ponderada de todas las notas según:

$$N = [(7\cdot N\,(\text{Matemáticas}) + 5\cdot N(\text{Física}) + 5\cdot N\,(\text{Química}) + 2{,}5\cdot N\,(\text{Informática}) + 2{,}5\cdot N\,(\text{Dibujo técnico})] / 22$$

Se establece que si $N \geq 4{,}5$ , habiendo asistido a una sesión de formación previa, el curso de introducción se ha superado. Valores de N comprendidos entre 4 y 4,5 son objeto de análisis específico.

Estructurada la carga docente en cuatrimestres, un estudiante podrá empezar el primer cuatrimestre de la fase selectiva inmediatamente después de haber cursado el “Quadrimestre zero Q0”.

Al final del cuatrimestre de introducción se hará una evaluación de este que no afectará al paso a primer curso de carrera.

Si la evaluación del "Q0" resulta Apta (la calificación es Apto o No apto), se reconocen al estudiante hasta 15 créditos de libre elección.

**4. REALIZACIÓN DEL PROYECTO (PRIMEROS RESULTADOS)**

Inicialmente se analizan (4) las notas de acceso para el curso 2000-2001 para los estudiantes que han asistido al curso de Introducción (estudiantes "Q0" como las de los que no lo han cursado (alumnos "No Q0")

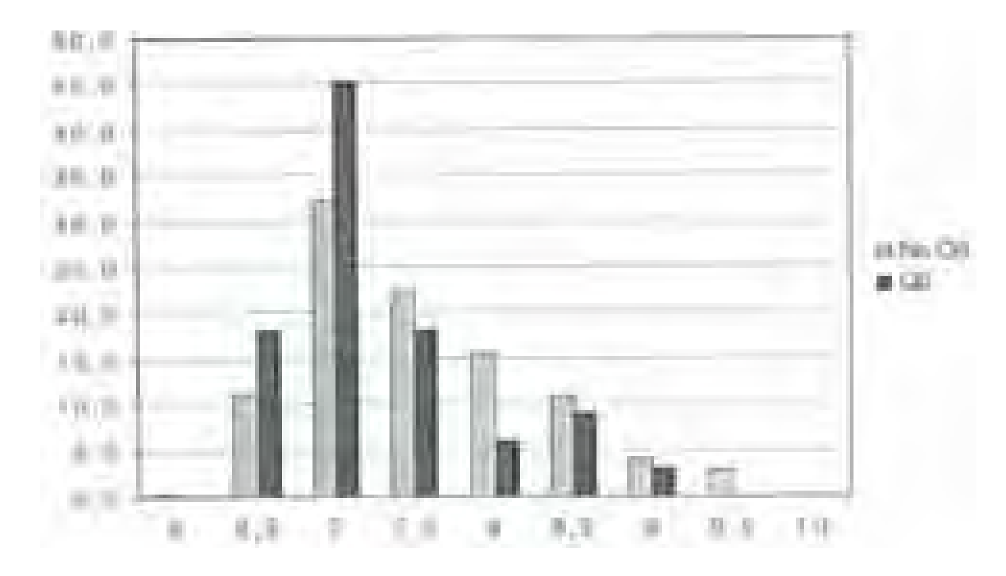


Figura 1. *Distribución de notas de acceso al curso 2000-2001.*

La distribución señalada en la Figura 1 presenta los siguientes parámetros estadísticos:

Tabla 1. *Parámetros estadísticos de las notas de acceso de los estudiantes, "Q0" y "No Q0"*

| Estudiantes | Mediana | Desviación típica |
|---|---|---|
| "Q0" | 7,25 | 0,62 |
| "No Q0" | 7,53 | 0,74 |

Estas distribuciones ponen de manifiestoun ligero sesgo de la población de estudiantes "Q0" que no parece justificar resultados académicos notablemente diferentes entre ambas poblaciones

Respecto a los resultados propiamente dichos, y sin entrar en detalles, se han expresado en la tabla que sigue (para el curso 2000-2001), Q0, las notas obtenidas por los estudiantes ("Q0") en el curso de Introducción "Q0", Q1, las notas obtenidas por los estudiantes ("Q0") en el cuatrimestre Q1.

Tabla 2. *Calificaciones de los cuatrimestres Q0 i Q1 (para los estudiantes que han cursado "Q0" y los que no lo han hecho ("No Q0").*

| | Asignatura | Nota media | % Aprobados (estudiantes "Q0") | % Aprobados (estudiantes "No Q0") |
|---|---|---|---|---|
| Q0 | Matemáticas | 4,2 | | |
| | Física | 5,1 | | |
| | Química | 5,7 | | |
| | Dibujo | 5,3 | | |
| | Informática | 6,3 | | |
| Q1 | Álgebra | 2,5 | 24 | 19 |
| | Cálculo I | 1,1 | 6 | 11 |
| | Mecánica | 3,5 | 30 | 48 |
| | Química I | 4,7 | 45 | 44 |
| | Informática | 3,7 | 45 | 32 |

A modo de resultados se ha de destacar la correlación negativa en el "Q0" y notas medianas muy bajas en Q1. En algunos casos se llega al abandono de la carrera.

El porcentaje de aprobados en materias de Q1 no pone de manifiesto ninguna mejora notable para los estudiantes que han cursado "Q0".

De particular preocupación las cifras correspondientes a Álgebra y Cálculo que hacen reflexionar sobre el hecho de que haber cursado especialmente Q0 no haya producido un efecto mejorador del paso de Educación Secundaria a la Universidad.

**5. CONCLUSIONES GENERALES**

Una vez realizado el curso de Introducción se pueden concretar las conlusiones que siguen y que se plantean como metodología futura de actuación (1).

El sentimiento general es que el curso de Introducción "Q0" no ha dado los resultados que cabría esperar en cuanto al número de estudiantes que han optado a realizarlo y que se manifiesta como muy reducido.

Es cierto que se ha elaborado previamente un cartel y una carta que se ha enviado a todos los Centros de Educación Secundaria, para dar a conocer el curso, pero parece ser insuficiente.

Se realiza además una encuesta (5) dirigida a los estudiantes de primer curso de Ingeniería Industrial que se han matriculado por primera vez en este curso. Se platea el

grado de conocimiento del curso, los canales de información del mismo así como las posibles ventajas de cursarlo.

Se concluye que una de las causas de la poca demanda puede ser atribuible a la falta de difusión suficiente. La información facilitada en los "Punts d'Informació" y en la "Secretaria" no parece ser suficiente. La matrícula en todo caso es difícil.

Se pone de manifiesto la buena predisposición de profesores y becarios y una valoración de la labor desarrollada excelente.

Se solicita que la ETSEIB acredite a los becarios mediante la expedición de un certificado de su participación en el curso.

Por otro lado, la opinión mayoritaria revela la conveniencia y utilidad del curso. En efecto, representa un avance de lo que el estudiante se encontrará en la carrera. Los aspectos de nivel de exigencia, dimensión de grups, control del aprovechamiento, hábito y regularidad de trabajo son los puntos más importantes a trabajar, sin olvidar la vocación-motivación, la capacidad de abstracción y la asunción de los criterios técnicos de decisión

Una buena parte del profesorado manifiesta la sensación de provisionalidad del "Curs". Detectan poco soporte logístico e institucional e insuficiencia de los recursos dedicados (por ejemplo la contratación de becarios sa hace con poco tiempo para la preparación de material docente).

Algunos estudiantes presentan actitudes poco respetuosas con el colectivo (falta de puntualidad, realización de trabajos sin presteza ni pulcritud, no prestación de la atención adecuada, etc., son características, a veces presentes en los estudiantes, susceptibles de mejora).

## 6. ÚLTIMAS CONSIDERACIONES

De la realización de del "Quadrimestre 0" y con los dos objetivos planteados al principio, se extraen algunas consecuencias, a saber:

- El familiarizar al estudiante con el funcionamiento y estructura de la Universidad, y concretamente de la ETSEIB, es un cometido que se ha conseguido parcialmente, si bien resulta difícil plasmarlo en cifras en un informe.

- El reforzamiento de los conocimientos previos de las materias básicas para superar con éxito la fase selectiva, no parece haber sido obtenido. Por ello, y conscientes de la validez de la idea, se han propuesto diversas opciones motivo de estudio actual:

a.- Continuar con el Curso Introductorio pero proponiendo el desarrollo de los temarios de la "Fase selectiva".

b.- Efectuar cursos (cursillos), intensivos y al mismo tiempo que Q1. La valoración y la implementación de la nota en el historial académico del estudiante representaría una motivación complementaria

c.- Ofrecer talleres, seminarios o tutorías con condición de matrícula y estructura parecida a los cursillos del punto anterior. En estos talleres se podrían trabajar los aspectos más fundamentales de los objetivos iniciales como, el hábito del trabajo

continuado, la capacidad de pensar en un problema -en la forma como en la vida profesional se tendrá que actuar-, el hábito de consulta en caso de duda cuando se ha abordado una cuestión, etc.

Los nuevos enfoques de la enseñanza a nivel europeo han de modificar necesariamente la perspectiva enunciada, pero no desfigurará su fundamento y su trascendencia.

**REFERENCIAS**


1. S. Cardona.-ETSEIB, "*Proposta d'activitats acadèmiques en el marc del Pla d'Acollida de l'ETSEIB als estudiants procedents de secundària*". Barcelona (2002).
2. ETSEIB, "*Quadrimestre zero Q0*" ("*Full informatiu curs 2000-2001*"), Barcelona (2001).
3. ETSEIB, "*Prova de nivell. Curs 2000-2001*", Barcelona (2000).
4. ETSEIB, "*Curs d'introducció als estudis d'Enginyer Industrial. El quadrimestre zero Q0*", Barcelona (2001).
5. ETSEIB, "*Enquesta dirigida als estudiants de primer d'Enginyeria Industrial que s'han matriculat per primera vegada aquest curs*", Barcelona (2001).

# PROBLEMAS ESTEQUIOMÉTRICOS DE LA REALIDAD COTIDIANA

***Gabriel Pinto Cañón***
E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid
José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid
gabriel.pinto@upm.es

*Se describen algunos ejemplos de cálculos estequiométricos basados en la realidad cotidiana. Estos ejemplos pueden ser de utilidad para docentes de Química de Bachillerato y primeros cursos universitarios que utilicen, por ejemplo, la metodología del aprendizaje basado en problemas (ABP). Si bien la estequiometría es uno de los aspectos fundamentales para el estudio de las reacciones químicas, los alumnos suelen realizar ejercicios repetitivos, planteados sobre sustancias que les son ajenas. Se pretende que, al utilizar problemas con sustancias que les son bien conocidas, sientan una mayor motivación para su resolución.*

## 1. EL APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS

El aprendizaje basado en problemas (ABP) es un entorno didáctico centrado en el alumno, en el que los problemas guían el proceso de aprendizaje (1). Antes de aprender conocimientos, se ofrece una serie de problemas seleccionados a los alumnos, de forma que descubren por ellos mismos lo que necesitan aprender para resolverlos. El ABP es una estrategia para promover habilidades de resolución de problemas y que, además, favorece el pensamiento crítico y el aprendizaje cooperativo, a través de la resolución de problemas reales, normalmente interdisciplinares o, al menos, integradores.

La esencia del ABP, que se plantea cada vez más como una alternativa para el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química (2), es que sea el alumno quien resuelva los problemas y los entienda por sí mismo. El docente, una vez presentada la situación problemática, se retira a un segundo plano, actuando más como facilitador y guía que como "fuente de soluciones". Entre los beneficios del ABP se pueden citar los siguientes aspectos (3): aumenta la motivación, ofrece respuesta a ¿para qué sirve estudiar esto?, promueve el pensamiento de orden superior, alienta la necesidad de aprender a aprender y promueve la metacognición.

La metacognición es el conocimiento de los propios procesos cognoscitivos, de los resultados de esos procesos y de cualquier aspecto que se relacione con ellos, implicando el aprendizaje de las propiedades relevantes de la información (4). En otras palabras, es la capacidad que tenemos de autorregular el propio aprendizaje, es decir de planificar qué estrategias se han de utilizar en cada situación, aplicarlas, controlar el proceso, evaluarlo para detectar posibles fallos y, como consecuencia, transferir todo ello a una nueva actuación.

Normalmente con la metodología ABP los estudiantes, agrupados en equipos de 5 a 10 miembros, bajo la supervisión del profesor, trabajan juntos durante unas horas (3 a 6) cada semana, en la resolución de un problema de envergadura propuesto por el profesor. El resto del tiempo está dedicado al trabajo personal del estudio generado por el problema. Los estudiantes no reciben formación particular sobre ese problema. Normalmente la situación problemática no está estructurada, es confusa, no se resuelve fácilmente con la aplicación de una fórmula específica y su resultado no suele ser una única respuesta. No obstante, existen muchas formas de ABP. Precisamente los recursos expuestos en este texto presentan matices diferentes a los señalados.

Existe un buen número de problemas de la vida real susceptibles de resolverse en los cursos de Química de Bachillerato y primer curso universitario. Una forma de aproximación al ABP, en un contexto de docencia tradicional de la Química, puede ser que los alumnos lean detenidamente los problemas (o ejercicios clásicos) propuestos en cada tema, previamente al tratamiento del mismo, y que anoten los conceptos que tienen que emplear o que no entienden. De esta forma se fomenta su motivación hacia el aprendizaje de la materia (5).

## 2. PROBLEMAS DE ESTEQUIOMETRÍA

La propia denominación de estequiometría causa cierto desconcierto en los alumnos, dado que es un término extraño para ellos. Su origen etimológico se encuentra (6) en el griego st???e???, *stoicheion*, letra o elemento (principio) básico constitutivo y µet???, *metrón*, medida.

La estequimetría es el estudio de las cantidades de reactivos y productos que intervienen en las reacciones químicas (7). Los primeros problemas estequiométricos, al menos como cuestiones másicas sencillas, aparecen en los libros de texto en el entorno de 1870 (8).

En la mayoría de los problemas estequiométricos se dan como datos las cantidades de reactivos y se buscan las cantidades de los productos. Para resolver este tipo de problemas, los alumnos deben conocer conceptos como ecuaciones químicas, nomenclatura, mol, peso atómico, peso molecular, ajuste de reacciones químicas, reactivo limitante, composición porcentual, fórmula empírica y molecular, densidad, formas de expresión de concentraciones, y relación entre masa y volumen de gases, entre otros.

Los cálculos estequiométricos son uno de los aspectos fundamentales para el estudio de las reacciones químicas. Es frecuente que a los alumnos se les proponga resolver ejercicios, al respecto, con sustancias que les son ajenas. Esto conlleva, en diversas situaciones, al desánimo, que es especialmente importante por el hecho de que es un tema, como la formulación, que se suele tratar al principio de los cursos.

Existe un esfuerzo por parte de los autores de libros educativos de Química por incluir problemas con aspectos cotidianos. Por ejemplo, en el texto de Brown y col. (7) se plantean problemas estequiométricos sobre pastillas efervescentes, aspirina, o formación de nitrógeno en el airbag de los automóviles, entre otros aspectos.

En este trabajo se proponen problemas de estequiometría relacionados con sustancias bien conocidas por los alumnos. En algunos casos, el problema es abierto, de forma que los alumnos deben encontrar los datos en etiquetas de productos comerciales, en información suministrada en Internet u otras fuentes. De esta forma, cada alumno puede tener que resolver un problema análogo al de otro compañero, pero con datos (y con ello resultados) diferentes.

## 3. CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS SOBRE COMPUESTOS INORGÁNICOS DE MEDICAMENTOS

Una de las fuentes de información que se pueden utilizar para desarrollar actividades del tipo de las aquí expuestas, es el Vademécum de especialidades farmacéuticas, muy utilizado por los profesionales sanitarios para prescribir medicamentos.

*Problema 1.* El prospecto de un medicamento indica, en una versión A, que cada comprimido contiene 256,30 mg de sulfato ferroso sesquihidratado, equivalente a 80 mg de hierro. En otra versión B de ese mismo medicamento, se indica que el contenido de dicha sal por comprimido es de 270 mg, también equivalente a 80 mg de hierro. Razonar cuál de los dos prospectos indica la equivalencia correcta.

*Resultado 1.* El sulfato ferroso sesquihidratado responde a la fórmula $FeSO_4{\cdot}1{,}5H_2O$. Sesqui es un prefijo que indica una unidad y media. Por ejemplo, el año 2002 se celebró el sesquicentenario (150 años) del título de Ingeniero Industrial en España. Por consideraciones estequiométricas, 256,30 g (versión A) de esa sal equivalen a los siguientes mg de hierro:

$$\frac{0{,}25630\ g\ sal}{178{,}93\ g/mol\ sal} \times \frac{1\ mol\ Fe}{1\ mol\ sal} \times \frac{55{,}85\ g}{mol\ Fe} \times \frac{10^3\ mg}{1\ g} = 80{,}00\ mg\ Fe$$

Procediendo de forma similar para los 270 mg de sal (versión B), se obtiene que equivalen a 84,3 mg de hierro. Por lo tanto, la versión A del prospecto es la correcta. Éste es un caso real que sucedió en España, donde un Laboratorio incluyó durante unos años la versión B, hasta que se corrigió. En todo caso, la diferencia de valores no era elevada.

*Problema 2.* El prospecto de un medicamento indica que cada comprimido contiene 525 mg de sulfato ferroso, equivalente a 105 mg de hierro elemento. Suponiendo que el sulfato ferroso tiene cierto grado de hidratación, determinar la fórmula de la sal correspondiente.

*Resultado 2.* Sabiendo que la sal es del tipo $FeSO_4{\cdot}nH_2O$, se tiene:

$$\frac{525 \cdot 10^{-3}\ \text{g sal}}{(151{,}91 + \text{n} \cdot 18{,}02)\ \text{g mol}^{-1}\text{sal}} \times \frac{1\ \text{mol Fe}}{1\ \text{mol sal}} \times \frac{55{,}85\ \text{g}}{\text{mol Fe}} \times \frac{10^3\ \text{mg}}{1\ \text{g}} = 105\ \text{mg Fe}$$

Despejando con cuidado, se obtiene n = 7,07. Por lo tanto, se trata del sulfato ferroso heptahidratado ($FeSO_4{\cdot}7H_2O$).

Estos dos ejercicios (9,10) pueden servir como oportunidad para introducir conceptos como formulación, hidratación de sales, composición de medicamentos, importancia del hierro en el organismo, entre otros.

*Problema 3.* En los prospectos de varios medicamentos se informa que una cantidad de diversos compuestos (por comprimido, sobre o cucharada) equivale a cierta cantidad de calcio, según se indica entre paréntesis:

- Medicamento A: 1250 mg carbonato cálcico (500 mg Ca).
- Medicamento B: 1260 mg carbonato cálcico (500 mg Ca).
- Medicamento C: 1500 mg carbonato cálcico (600 mg Ca).
- Medicamento D: 2500 mg carbonato cálcico (1000 mg ó 25 mmol Ca).
- Medicamento E: 3,30 mg fosfato cálcico (1,2 g Ca).
- Medicamento F: 1 cucharada (=15 mL) de disolución en la que por 100 mL hay 1671 mg de fosfato cálcico (100 mg Ca).
- Medicamento G: 1 cucharada (=15 mL) de disolución en la que por 100 mL hay 2088 mg de fosfato cálcico (125 mg Ca).
- Medicamento H: 1 cucharada (=15 mL) de disolución en la que por 100 mL hay 3088 mg de fosfato cálcico (180 mg Ca).
- Medicamento I: 3750 mg pidolato cálcico (500 mg Ca).

Verificar las citadas equivalencias.

*Resultado 3.* Para resolver este problema es necesario formular los diversos compuestos, calcular los pesos moleculares correspondientes y establecer los cálculos estequimétricos adecuados. En cuanto a formulación, la más compleja es la correspondiente al medicamento I, porque debe conocerse que el anión pidolato (2-pirrolidona-5-carboxilato) es:

Así, el peso molecular del pidolato cálcico, $Ca(C_5H_6O_3N)_2$, es 296,3 g/mol.

En el medicamento A, el cálculo estequiométrico implica:

$$\frac{1{,}250\ g\ CaCO_3}{100{,}1\ g/mol\ CaCO_3}\cdot\frac{1\ mol\ Ca}{1\ mol\ CaCO_3}\cdot\frac{40{,}08\cdot 10^3\ mg\ Ca}{mol\ Ca}=500{,}5\ mg\ Ca$$

Los valores de equivalencia en Ca obtenidos para el resto de los medicamentos, por razonamientos análogos, son: B (505 mg), C (601 mg), D (1001 mg ó 25 mmol), E (1,28 g), F (97 mg), G (122 mg), H (180 mg) e I (508 mg). Como cabía esperar, son próximos a los indicados por el fabricante, si bien en algunos casos hay variaciones significativas, que oscilan entre –3% y +7%.

*Problema 4.* En la información sobre un medicamento se indica que contiene 800 mg de fosfato cálcico, 200 mg de carbonato cálcico y 5 mg de fluoruro cálcico por

comprimido. También se indica que estas cantidades equivalen a 393 mg de calcio elemento y 2,43 mg de flúor elemento. Se pide verificar esas equivalencias.

*Resultado 4.* Los cálculos estequiométricos son:

$$\frac{0{,}800\ g\ Ca_3(PO_4)_2}{310{,}3\ g/mol\ Ca_3(PO_4)_2}\cdot\frac{3\ mol\ Ca}{1\ mol\ Ca_3(PO_4)_2}\cdot\frac{40{,}08\cdot 10^3\ mg\ Ca}{mol\ Ca}=310{,}0\ mg\ Ca$$

$$\frac{0{,}200\ g\ CaCO_3}{100{,}1\ g/mol\ CaCO_3}\cdot\frac{1\ mol\ Ca}{1\ mol\ CaCO_3}\cdot\frac{40{,}08\cdot 10^3\ mg\ Ca}{mol\ Ca}=80{,}1\ mg\ Ca$$

$$\frac{0{,}005\ g\ CaF_2}{78{,}1\ g/mol\ CaF_2}\cdot\frac{1\ mol\ Ca}{1\ mol\ CaF_2}\cdot\frac{40{,}08\cdot 10^3\ mg\ Ca}{mol\ Ca}=2{,}6\ mg\ Ca$$

El cálculo de contenido en calcio (392,7 mg Ca) coincide con el valor indicado por el fabricante. El $CaF_2$ es equivalente también al valor indicado:

$$\frac{0{,}005\ g\ CaF_2}{78{,}1\ g/mol\ CaF_2}\cdot\frac{2\ mol\ F}{1\ mol\ CaF_2}\cdot\frac{19{,}00\cdot 10^3\ mg\ F}{mol\ F}=2{,}43\ mg\ F$$

*Problema 5.* Según el prospecto de un medicamento, recomendado para estados carenciales de vitaminas y sales minerales, cada comprimido contiene, entre otras sustancias, 90 mg de calcio como fosfato cálcico y 70 mg de fósforo, también como fosfato cálcico. A partir de estos datos, comprobar que el "fosfato cálcico" que se indica no responde a la fórmula $Ca_3(PO_4)_2$. A veces, en farmacología, se emplea el término "fosfato tricálcico" para este compuesto, mientras que se reserva el término "fosfato cálcico" a una sal ácida de fosfato. Si fuera así, determinar de qué sal se trataría.

*Resultado 5.* Con los datos aportados, la relación, en moles, de Ca:P resulta ser 1:1, con lo que no se trata del $Ca_3(PO_4)_2$ sino de la sal $Ca(HPO_4)$.

*Problema 6.* La composición de cada comprimido efervescente de un medicamento, indicado para el tratamiento de la osteoporosis, muestra que, entre otros componentes, contiene 2,94 g de lactatogluconato de calcio y 0,30 g de carbonato cálcico, que equivalen a 380 mg de calcio elemento. Se pide verificar esta equivalencia.

*Resultado 6.* El lactatogluconato de calcio (término usado en farmacología) presenta una estequiometría de tres moles de lactato cálcico por cada dos moles de gluconato cálcico monohidrato. La fórmula molecular del lactato cálcico es $Ca\ (CH_3\text{-}CHOH\text{-}COO)_2$ y la del gluconato cálcico monohidrato es $Ca(HOCH_2\text{-}(CHOH)_4\text{-}COO)_2\cdot H_2O$, por lo que la fórmula del lactatogluconato cálcico es $C_{42}H_{74}O_{46}Ca_5\cdot 2\ H_2O$ (teniendo un peso molecular de 1551,49 g/mol) . Con lo que 2,94 de este compuesto equivalen a:

$$\frac{2{,}94\ g\ lactatogluconato\ Ca}{1551{,}49\ g/mol\ lactatogluconato\ Ca} \cdot \frac{5\ mol\ Ca}{mol} \cdot \frac{40{,}08\ g}{mol\ Ca} \cdot \frac{1000\ mg}{g} = 3808\ mg\ Ca$$

Teniendo en cuenta que 0,30 g de $CaCO_3$ equivalen a 120 mg de Ca, se obtiene que la equivalencia en calcio total, por cada comprimido es (como el valor indicado) 500 mg.

El calcio es el quinto elemento más abundante en el cuerpo humano. Aunque la mayor parte es constituyente de la masa ósea, también juega importantes funciones fisiológicas. Con los compuestos de calcio estudiados se puede pedir a los alumnos que discutan sobre cuestiones como: formulación, sales orgánicas, hidratación de sales, funciones fisiológicas de los elementos, principios activos y excipientes de medicamentos, isomería y resonancia, entre otros (11).

## 4. CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS EN FERTILIZANTES

Como introducción al problema, se puede informar a los alumnos sobre la importancia de los fertilizantes. Las plantas requieren diversos nutrientes para su crecimiento: toman C, H y O del aire y del agua, y absorben N, K, Mg, Ca, P y S del suelo. Estos últimos seis elementos se usan en cantidades relativamente altas por las plantas (suponen más de 1000 ppm). Otros ocho elementos (B, Fe, Zn, Mo, Mn, Cu, Co y Cl) se absorben del suelo, pero en menor cantidad, y se denominan micronutrientes.

*Problema 7.* En una bolsa de plástico encontrada en el campo figuraban los siguientes datos: Sodium Tetraborate Pentahydrate, $Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$, CAS No. 12179-04-3, EC No. 215-540-4, • EC Fertilizer, • 15.2% boron (B) soluble in water • Sodium borate for fertiliser applications, • Only to be used where there is a recognized need • Do not exceed a maximum dose rate of 4 kg boron (26 kg *Fertilizer*) per hectare per year. De acuerdo con consideraciones estequiométricas determinar, usando dos decimales para los pesos atómicos, si la equivalencia indicada para el boro es correcta.

*Respuesta 7.* El peso molecular del tetraborato sódico pentahidratado es 291,32 g/mol. El equivalente estequiométrico de boro se obtiene de la expresión:

$$\frac{100\ \text{g}\ Na_2B_4O_7 \cdot 5\,H_2O}{291{,}32\ \text{g mol}^{-1}\ Na_2B_4O_7 \cdot 5\,H_2O} \times \frac{4\ \text{mol B}}{1\ \text{mol}\ Na_2B_4O_7 \cdot 5\,H_2O} \times \frac{10{,}81\ \text{g}}{\text{mol B}} \times \frac{10^3\,\text{mg}}{1\ \text{g}} = 14{,}84\ \%\ \text{B}$$

El porcentaje obtenido (14,84%) es ligeramente inferior al ofrecido en la información. Si se repite el cálculo considerando los pesos atómicos redondeados a un decimal, se obtiene un valor de 15,1%. Además, si se considera la otra relación indicada (4 kg B por 26 kg de fertilizante) el porcentaje de boro es mayor (15,4%). Estos resultados pueden ser de utilidad para discutir con los alumnos sobre el redondeo en cálculos químicos y otros aspectos (12).

## 5. CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS SOBRE LA COMPOSICIÓN DE AGUAS MINERALES.

*Problema 8*. Observando la información suministrada en una botella o en Internet, sobre la composición química de un agua mineral, y de acuerdo a consideraciones estequiométricas, determinar si el valor de residuo seco (o sólidos totales disueltos) está de acuerdo con la composición química induicada. Se tiene que considerar que el bicarbonato sódico se descompone en dióxido de carbono y anión carbonato a temperatura elevada. Además, calcular la cantidad total de cargas positivas y negativas y discutir el resultado.

*Resultado 8*. El residuo seco es el que queda cuando un litro de agua se evapora a 180ºC. La composición típica de un agua mineral se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. *Composición química del agua mineral Fuensanta, tomada como ejemplo.*

| Componentes | Fórmula | Contenido (mg/L)* | Contenido (mmol/L) |
|---|---|---|---|
| Bicarbonato | $HCO_3^-$ | 222.2 | 3.641 |
| Cloruro | $Cl^-$ | 9.3 | 0.262 |
| Sulfato | $SO_4^{2-}$ | 56.5 | 0.588 |
| Calcio | $Ca^{2+}$ | 71.3 | 1.779 |
| Magnesio | $Mg^{2+}$ | 10.9 | 0.448 |
| Potasio | $K^+$ | 4.4 | 0.113 |
| Sodio | $Na^+$ | 15.9 | 0.692 |
| Sílice | $SiO_2$ | 33.3 | 0.554 |
| Residuo seco | - | 314 | - |

* Datos suministrados por el fabricante.

Considerando los pesos atómicos, se obtiene la composición, en mmol/L, que se muestra en la Tabla 1. Cuando el agua se calienta a180ºC se produce el proceso:

$$2\ HCO_3^-\ (ac) \rightarrow CO_3^{2-}\ (ac) + CO_2\ (g) + H_2O\ (g)$$

Esta reacción supone una pérdida de $CO_2$ (g) y $H_2O$ (g) de 112,9 mg/L en el ejemplo elegido. De esta forma, el residuo seco debería ser, tomado como suma de iones (menos los 112,9 mg/L debidos a la descomposición de $HCO_3^-$) y sílice, la cantidad de 310,9 mg/L. Este valor es algo menor que el dado por el fabricante (314 mg/L). Se debe probablemente a la presencia de sustancias minoritarias cuya composición no se da en la etiqueta.

La suma total de cargas negativas resulta 5,079 meq/L y la suma total de cargas positivas es 5,259 meq/L. La disolución debe ser eléctricamente neutra, pero hay un

ligero exceso (3,5%) de cargas positivas, debido probablemente a otros componentes minoritarios y a la incertidumbre de las medidas analíticas.

Este ejemplo (12) puede servir para introducir aspectos como dureza de aguas, caracterización de bebidas, análisis químico, y redondeo de cálculos, entre otros. La actividad podría ampliarse midiendo en el laboratorio alguna de las concentraciones de iones o el residuo seco.

## 6. CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS SOBRE EL $CO_2$ EMITIDO POR LOS AUTOMÓVILES.

En la Unión Europea existe un objetivo de reducir las emisiones de $CO_2$ de los automóviles hasta 120 g/km en el año 2010. Están previstos distintos sistemas de información al consumidor, entre los que destaca la consideración de que cualquier material de promoción de los vehículos deberá incluir las cifras del consumo de combustible. En este sentido, desde hace unos años, en los anuncios de prensa de los diversos modelos de automóviles, se incluye su consumo de gasolina (en L/100 km) y emisión de $CO_2$ (en g/km). Este es un tema que, a priori, es motivador para un buen número de alumnos, porque les atrae el "mundo del motor" o porque les interesan los temas medioambientales (como el efecto invernadero).

*Problema 9*. A partir de los datos de consumo de gasolina y emisión de $CO_2$ que se encuentren en un periódico o revista, para diversos modelos de automóviles, representar los valores de emisión de $CO_2$ (en g/km) en función del consumo de gasolina (en L cada 100 km) e interpretar la gráfica obtenida por consideraciones estequiométricas.

*Resultado 9*. A partir de 27 datos que se pudieron obtener al respecto en anuncios publicados en periódicos españoles, en Diciembre de 2004, se tiene la representación recogida en la Figura 1.

Como puede apreciarse, los datos siguen una variación lineal. Considerando que la gasolina está formada esencialmente por octanos, la reacción principal del motor es:

$$C_8H_{18} + 12{,}5\ O_2 \rightarrow 8\ CO_2 + 9\ H_2O$$

Considerando además que la gasolina tiene una densidad aproximada de 0,702 kg/L, la emisión de $CO_2$ ha de ser:

$$\text{Emisión } CO_2 = \frac{\text{Consumo octano (L cada 100 km)}}{\text{100 km}} \cdot 0{,}702\,\frac{\text{kg}}{\text{L}} \cdot \frac{\text{1 kmol octano}}{\text{114,22 kg}} \cdot \frac{\text{8 kmol } CO_2}{\text{kmol octano}} \cdot$$

$$\cdot \frac{\text{44,01 kg}}{\text{kmol } CO_2} \cdot 10^3\,\frac{\text{g } CO_2}{\text{kg}} = \left[21{,}64\ \text{g } CO_2 / \text{km} \cdot \text{L}\right] \cdot \text{Consumo octano (L cada 100 km)}$$

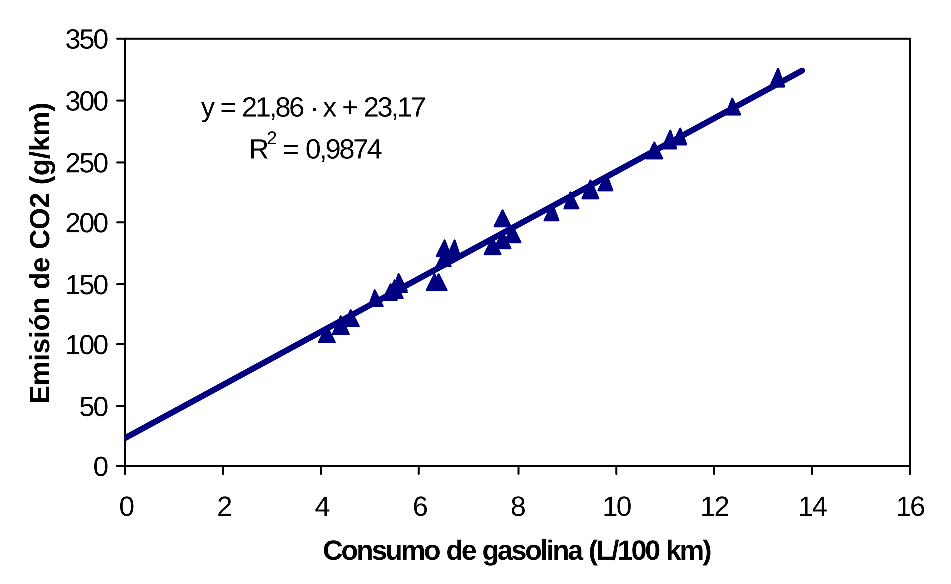



Figura 1. *Emisión de $CO_2$ en función del consumo de gasolina de diversos automóviles.*

Este valor coincide aceptablemente con el valor experimental de la pendiente de la recta de regresión (21,86 g $CO_2$ / km·L). El hecho de que la ordenada en el origen de la gráfica no sea cero se sugiere para la meditación del lector.

Este problema puede servir para introducir cuestiones como el efecto invernadero, el protocolo de Kioto, cambio climático, desarrollo de motores híbridos (impulsados por gasolina y electricidad), y representaciones gráficas de datos, entre otras.

## 7. CONCLUSIONES

Los casos discutidos y otros análogos (13) constituyen ejemplos que el autor ha desarrollado y utilizado en su práctica docente para favorecer la motivación de los alumnos hacia el aprendizaje de cálculos estequiométricos y otras cuestiones. Tanto la percepción en la actividad docente como la valoración de los alumnos mediante encuestas específicas (14), muestran que son útiles, para un buen número de alumnos, para la asimilación de conceptos. Incluso para el profesor, la búsqueda de nuevos problemas que puedan resultar de cierto interés para sus alumnos supone un reto que fomenta su propia motivación como docente.

## REFERENCIAS


1. P. Ram, *J. Chem. Educ.*, **1999**, Vol. 76, 8.
2. I. Demaría, M. Trapé, S. Bellú, M. Rizzotto, *Anuario Lat. Ed. Quím.*, **2003-2004**, Vol. 17, 1-6.
3. J.A. Molina Ortiz, A. García González, A. Pedraz Marcos, M.V. Antón Nardiz, *Rev.*

*Red Estatal Doc. Univ.*, **2003**, Vol. 3 (2), 79-85.
4. J.H. Flavell, *Cognitive monitoring*, en W.P. Dickson (Ed.), *Children's oral communication skills*, Academic Press, New York (1981).
5. G. Pinto, A. Chávez, L. Yunqi, J. Xu, *Anales RSEQ*, 2005, en prensa.
6. *The American Heritage Dictionary of the English Language*, 4ª Ed., Houghton Mifflin, Boston (2000).
7. T.L. Brown, H.E. LeMay, B.E. Bursten, J.R. Burdge, *Química, la Ciencia Central*, 9ª Ed., Pearson, México (2004).
8. W.B. Jensen, *J. Chem. Educ.*, **2003**, Vol. 80, 1248.
9. G. Pinto, *Ed. Chem.*, **2001**, Vol. 38, 150.
10. G. Pinto, *Ed. Chem.*, **2003**, Vol. 40, 11.
11. G. Pinto, *J. Chem. Educ.*, **2005**, en prensa.
12. G. Pinto, *Ed. Chem.*, **2005**, en prensa.
13. G. Pinto, B. Rohrig, *J. Chem. Educ.*, **2003**, Vol. 80, 41-44.
14. G. Pinto, *Anales RSEQ*, **2004**, Vol. 100 (2), 37-43.

# PROPUESTAS PARA LA MEJORA DE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN EL ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN SUPERIOR

***Águeda Benito Capa, Adelaida Portela Lozano, Rosa Mª Rodríguez Jiménez***
Universidad Europea de Madrid, Tajo s/n, Villaviciosa de Odón
28670 Madrid (european.physics@uem.es)

*Los principios del Espacio Europeo de Educación Superior, EEES, suponen un reto para el sistema universitario español. La idea de adaptar las enseñanzas a las verdaderas necesidades de la sociedad, de formar a los estudiantes no sólo desde un punto de vista técnico, sino de una forma integral, supone un enfoque muy diferente al que se ha venido considerando tradicionalmente. En el presente trabajo, se pretendió determinar el perfil básico del profesor europeo de Física universitaria y los aspectos más relevantes de su enseñanza. A partir de esta descripción, se han elaborado un conjunto de propuestas orientadas a optimizar las posibilidades que ofrece la Enseñanza de la Física universitaria para asumir los objetivos establecidos en el proceso de creación del nuevo EEES.*

## 1. ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN SUPERIOR (EEES) Y ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

En 1999 los ministros de educación europeos, en su interés por promover el desarrollo económico, el progreso y el bienestar social europeo, elaboraron en Bolonia una declaración conjunta, orientada a la adopción de un sistema comparable de títulos y a la promoción de la dimensión europea en la educación superior. Posteriormente tuvieron lugar las Conferencias de Praga, Berlín y Bergen, en 2001, 2003 y 2005, respectivamente. En cada una de ellas, los ministros revisaron los avances logrados y concretaron las prioridades del proceso de creación del Espacio Europeo de Educación Superior.

En este sentido, uno de los mayores impulsos para el actual proceso de reforma ha venido proporcionado por el proyecto *Tuning* (Tuning, 2003), financiado por la UE en el marco del programa Sócrates, y en el que se ha podido contar con la participación de todos los países europeos. La conclusión fundamental del proyecto reside en la conveniencia de fijar lo que deben ser los resultados del aprendizaje en cada titulación, así como las competencias, en el sentido de conocimiento, habilidades o destrezas propias de cada área. Graduados, empleadores y académicos de cada una de las áreas analizadas fueron los encargados de definir a través de cuestionarios y entrevistas los resultados del aprendizaje y las competencias de sus respectivos títulos. El proyecto también incluye una reflexión sobre la necesidad de adaptar la práctica docente incorporando metodologías innovadoras de aprendizaje activo que permitan la consecución de los resultados del aprendizaje deseados. Actualmente la metodología

*Tuning* constituye el enfoque aceptado para la redefinición de títulos en el proceso de convergencia europea.

Parece inevitable, y ciertamente deseable, que la Educación Superior avance en la dirección del fomento de las competencias, ampliando sus horizontes hacia el desarrollo de otras habilidades y capacidades que complementen el conocimiento puramente técnico, hasta ahora principal foco de atención de la actividad docente en nuestro país. Así lo reclaman los empleadores y los titulados, y la Universidad más tarde o más temprano tendrá que hacerse eco de esta necesidad. Algunos estudios recientes como el de Mora (2002) ponen de manifiesto las competencias generales reclamadas por los empleadores y comunes a todos los sectores profesionales: Iniciativa, trabajo en equipo, innovación y creatividad, confianza en sí mismo, habilidades comunicativas, responsabilidad, flexibilidad, conciencia de los valores éticos, planificación…. En la misma línea, el Proyecto *Tuning* enumera decenas de competencias clasificadas en instrumentales, interpersonales y sistémicas, tanto con carácter general como con carácter específico por titulación.

A la luz de las nuevas demandas sociales, parece oportuno plantearse la necesidad de que el aprendizaje de la Física contribuya también al desarrollo de otras competencias además de las tradicionalmente incorporadas, ampliando el carácter instrumental que esta materia tiene para los estudios técnicos y experimentales.

De manera natural, la Física promueve el desarrollo de capacidades como el razonamiento (McDermott et al, 2000), la resolución de problemas (Watts, 1991), o las destrezas experimentales (Arion et al, 2000), y es precisamente en estas habilidades en las que los profesores universitarios de Física ponen mayor énfasis. No obstante, el aprendizaje de la Física constituye una oportunidad excelente para, de forma simultánea, adquirir otras destrezas altamente valoradas a nivel europeo, y por los empleadores en particular.

## 2. ¿CÓMO SE ENSEÑA FÍSICA?: DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El primer objetivo del presente trabajo fue determinar el perfil básico del profesor de Física y los aspectos más relevantes relacionados con la enseñanza de la Física en las enseñanzas técnicas y experimentales del Espacio Europeo de Educación Superior.

Para ello la investigación se dividió en las siguientes fases:

1. Elaboración de un cuestionario *on-line* sobre la enseñanza actual de la Física en el EEES, dirigido a profesores de Física de universidades europeas, que permaneció accesible en la web de la Universidad Europea de Madrid durante varios meses. En él se recogían preguntas sobre: objetivos docentes, contenidos, metodologías, actividades realizadas, desarrollo de competencias y evaluación de alumnos. Los cuestionarios elaborados para el proyecto Tuning (Tuning, 2003) se tomaron como punto de partida de esta tarea en lo relativo a las competencias generales.

2. Selección de un número significativo de universidades europeas (aproximadamente 60) que ofrezcan carreras técnicas y/o experimentales.

3. Toma de contacto con profesores de Física de las universidades europeas elegidas interesados en colaborar en el proyecto mediante la cumplimentación del cuestionario.

4. Recepción de respuestas.

5. Procesamiento y análisis estadístico de los resultados de la encuesta realizada.

## 3. ¿CÓMO SE ENSEÑA FÍSICA?: RESPUESTAS AL CUESTIONARIO

### 3.1. Características de la muestra

El cuestionario fue respondido por 91 profesores, provenientes de 47 universidades europeas distintas (66 de los profesores provenían de universidades españolas y 25 de universidades extranjeras).

La edad media de los profesores participantes fue de 44 años.

El 49,4% se consideraba poco o nada informado sobre las implicaciones del EEES y el 51,6% bastante o muy informado acerca del mismo.

La docencia de los participantes se desarrolla principalmente en estudios Técnicos (44,6%) y en estudios Experimentales (48,2%).

### 3.2. Objetivos, contenidos y actividades

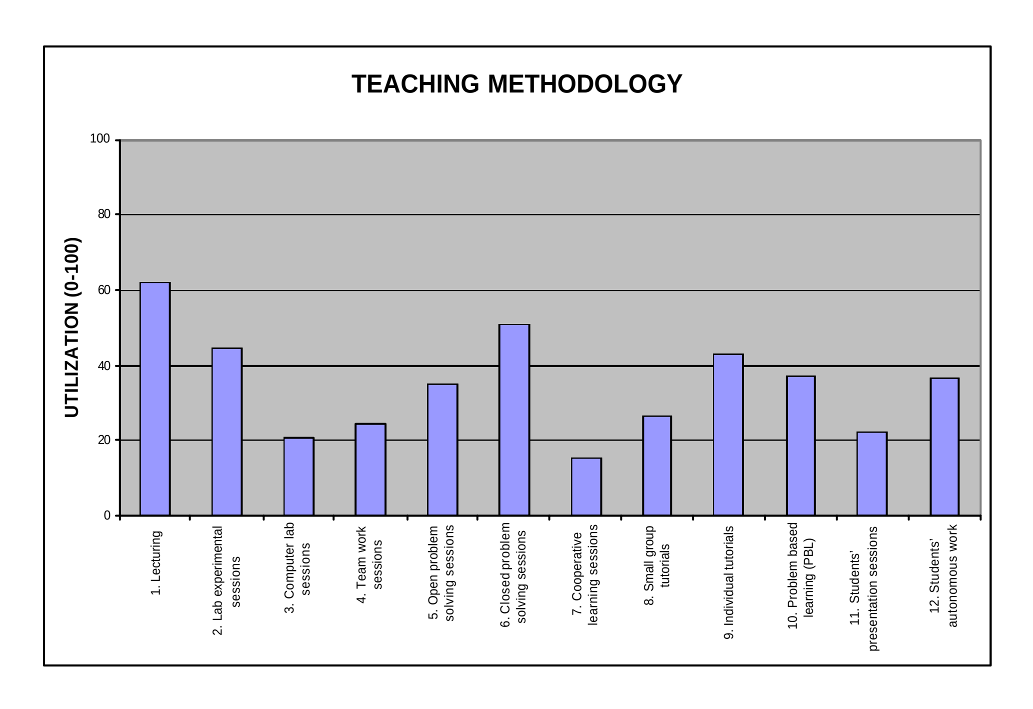
Más del 80% de los profesores plantean objetivos relacionados con los contenidos técnicos de sus asignaturas. Aproximadamente un 40% recoge también contenidos relacionados con competencias o habilidades investigadoras y profesionales, y apenas un 5% incluye competencias de carácter social.

En cuanto a los contenidos, predominan los contenidos de carácter teórico. Las actividades contempladas en la docencia de los profesores participantes incluyen:

| *Tipo de actividad* | *% de profesores* |
|---|---|
| Presentaciones orales | 34,1 |
| Informes escritos | 59,3 |
| Hojas de problemas | 85,7 |
| Lecturas | 28,6 |
| Búsqueda de información | 39,6 |
| Proyectos de investigación | 23,1 |
| Otras | 42,9 |

### 3.3. Metodología

Los profesores participantes hacen amplio uso de la clase magistral, a la que normalmente acompañan de sesiones de resolución de problemas, sesiones de laboratorio y tutorías individuales. Otro tipo de métodos, de corte más activo para el alumnado, se introducen en menor medida:

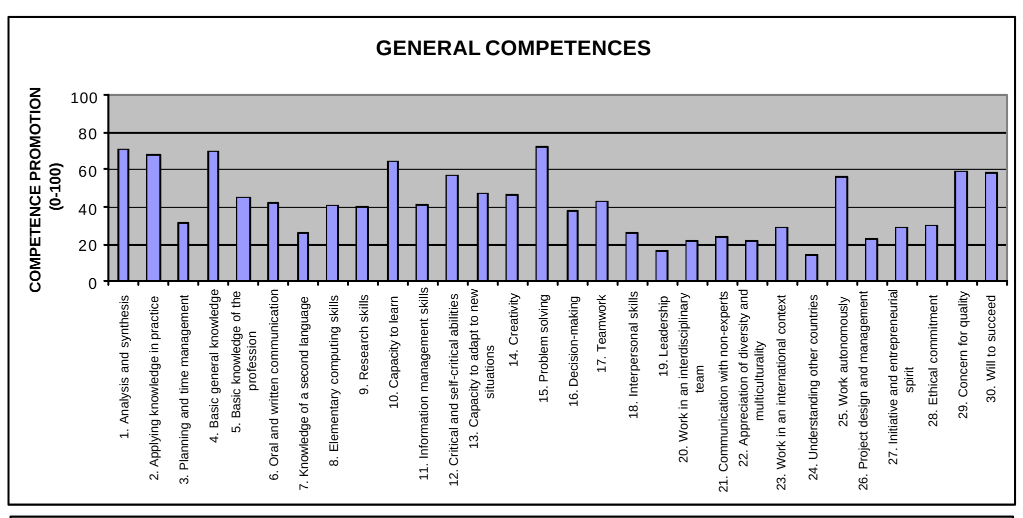


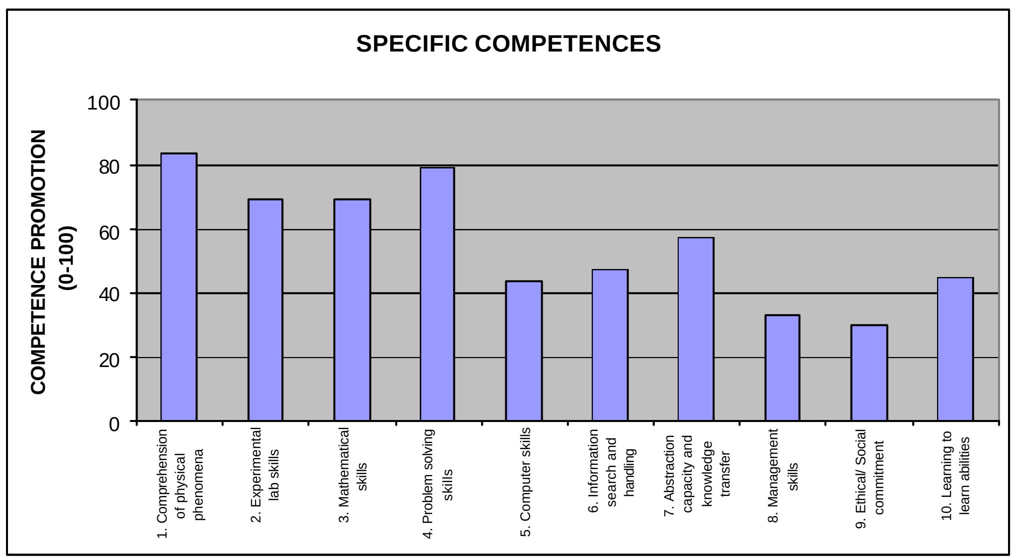

**3.4. Desarrollo de competencias**

Sin lugar a dudas los profesores de Física participantes fomentan más las competencias específicas que las generales: la resolución de problemas, el pensamiento abstracto, la comprensión de fenómenos físicos o las habilidades experimentales dominan claramente sobre las habilidades comunicativas, personales, de trabajo en equipo, interculturales etc. Por el momento, no parece que la enseñanza de la Física haya logrado hacerse suficiente eco de algunas importantes necesidades de nuestros estudiantes, planteadas en los principios de desarrollo del Espacio Europeo de Educación Superior. Los siguientes gráficos presentan los detalles de los resultados obtenidos.

## 4. ¿CÓMO SE ENSEÑA FÍSICA EN ESPAÑA?

Un análisis más exhaustivo de la información recopilada, nos lleva a encontrar diferencias significativas entre la forma de enseñar y el fomento de determinadas competencias que realizan los profesores españoles frente a la que realizan los demás profesores europeos. En general, cabe destacar una aproximación más tradicional a la enseñanza en los primeros, tanto en el sentido de los conocimientos y habilidades que se pretende desarrollar, como en el sentido de las metodologías utilizadas. El tamaño de las muestras, y la distribución de las respuestas, han hecho necesaria la utilización de test estadísticos no paramétricos, concretamente la comparación estadística se ha realizado mediante el test de *Kruskal-Wallis*, sobre un nivel de significación del 95%.




A continuación se presentan los resultados más destacados:

En cuanto a la metodología, los profesores extranjeros desarrollan en mayor medida: el trabajo en equipo, las tutorías grupales y las sesiones de presentación por parte de los alumnos. Los españoles fomentan de forma significativamente superior las sesiones de problemas cerrados y las tutorías individuales.

En cuanto a las competencias genéricas, los extranjeros fomentan más las siguientes:

- Conocimiento de una segunda lengua.
- Habilidades básicas de manejo del ordenador.

- Habilidades de investigación.
- Trabajo en equipo.
- Capacidad de trabajar en un equipo interdisciplinar.
- Habilidad para trabajar en un contexto internacional.
- Conocimiento de culturas y costumbres de otros países.
- Habilidad para trabajar de forma autónoma.
- Preocupación por la calidad.

Las competencias específicas no presentan tantas diferencias. Sin embargo, puede afirmarse que en el estudio realizado, los profesores extranjeros hacen mayor énfasis en la comprensión de fenómenos físicos y en las habilidades de búsqueda y manejo de la información que los españoles.

**5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La información proveniente de la muestra de profesores contemplada en este estudio parece indicar que la enseñanza de la Física en los niveles universitarios se concentra en exceso en el desarrollo de los conocimientos de carácter técnico. Esta apreciación es especialmente relevante entre los profesores españoles, que manifiestan un enfoque docente mucho más tradicional y cerrado que el de los demás profesores europeos participantes en el estudio. Por el momento, la Física no ha asumido objetivos relacionados con un aprendizaje más integral, los cuales necesariamente habrán de ser incorporados a las enseñanzas universitarias en breve plazo: Cuando se produzca la reforma de los títulos universitarios y éstos se desarrollen de acuerdo al vigente real decreto sobre estudios de Grado, los estudios universitarios de este nivel deberán proporcionar a los alumnos una formación que aúne:

- Conocimientos generales básicos y conocimientos transversales relacionados con la formación integral de la persona.

- Conocimientos y capacidades específicos.

Esta necesaria evolución de los contenidos, y por ende, de la forma de enseñar y de aprender Física, encaja bien con la impartición de una materia propia de los primeros años de los estudios universitarios, de marcado carácter instrumental, y en la que podríamos confiar otra serie de objetivos de aprendizaje de más amplio espectro. Dentro de la muestra analizada, existen algunos profesores que destacan por una gran apertura de sus planteamientos, acompañada de una importante variedad metodológica que nos podrían servir de ejemplo en este camino.

Pero el fomento de competencias generales requiere que el alumno *aprenda haciendo*. Resultaría imposible garantizar que nuestros alumnos aprendan a comunicar si en nuestras enseñanzas no hay espacio para que ellos expongan trabajos o elaboren informes. No aprenderán a planificarse si sólo planificamos nosotros. No aprenderán a seleccionar, manejar e integrar la información si nunca consultan otras fuentes que no sean nuestros apuntes o un libro de texto…

Para incluir adecuadamente estos nuevos elementos en la docencia universitaria, es necesario conocer otras técnicas de enseñanza. Sin duda este enfoque contrasta con

la práctica habitual de muchos profesores de Física, para quienes la clase magistral, las sesiones de laboratorio y de problemas han sido la única forma de enseñar. Emplear sesiones de docencia en *otras cosas* a menudo se ha considerado una pérdida de tiempo, un retraso innecesario en la impartición del programa de la asignatura. Sin embargo, a partir de ahora, la clase magistral debería completarse con métodos docentes que vayan más allá, que permitan la generación del conocimiento frente a la habitual transmisión del mismo: Las denominadas metodologías activas, en las que el estudiante ocupa un papel protagonista, puesto que es él (guiado y motivado por su profesor) quien se enfrenta al reto de aprender y asume un papel activo en la adquisición del conocimiento. Concretamente, el Aprendizaje Cooperativo puede constituir un enfoque interesante para la enseñanza de la Física. Numerosos autores describen las ventajas del Aprendizaje Cooperativo y su fácil adecuación a áreas como las Matemáticas o la Física (Felder y Brent, 1994; Benito et al, 2004).

En cualquier caso, para que todos estos cambios sean posibles, será necesario que:

- Se informe los profesores universitarios de Física sobre el EEES y sus implicaciones.
- Se forme y motive al profesorado para la utilización de nuevos métodos de enseñanza
- Se plantee la Física como vehículo adecuado para el desarrollo de muchos más conocimientos y competencias que los tradicionalmente reconocidos.
- Se produzca mayor acercamiento entre los profesores de Física y se fomente el intercambio de buenas prácticas para lograr mayor beneficio mutuo.

**BIBLIOGRAFÍA**

1. D.N. Arion, K.M. Crosby, E.A. Murphy, *The Physics Teacher*, **2000**, Vol. 38 (6), 373-376.
2. A. Benito, R. Rodríguez, P. Portela, *Revista Española de Física*, **2004**, Vol. 18 (4), 20-22.
3. R.M. Felder, R. R. Brent, *Cooperative learning in technical courses: Procedures, pitfalls, and payoffs*, ERIC Document Reproduction Service Report ED 377038 (1994).
4. R.M. Felder, R. Brent, *J. Cooperation & Collaboration in College Teaching*, **2001**, Vol. 10 (2), 69-75.
5. L.C. McDermott, P. S. Shaffer, C. P. Constantinou, *Physics Education*, **2000**, Vol. 35 (6), 411-416.
6. J.G. Mora, *Formación, empleo y demandas laborales: la Universidad Española en el contexto europeo*, en *El carácter transversal en la educación universitaria*, Editores: F. Michavila, J. Martínez, Cátedra UNESCO de Gestión y Política Universitaria de la UPM, Madrid (2002), pp. 151-166.
7. Tuning Educational Structures in Europe, *Informe Final Fase Uno*, , J. González, R. Wagenaar (eds.), Universidad de Deusto, Bilbao (2003). (http://www.relint.deusto.es/TUNINGProject/index.htm)

8. C. Watts, *The Science of Problem Solving: a practical guide for Science teachers*, Ed. Cassell Educational, Londres (1991).

# CÁLCULOS EN EL DIAGRAMA PSICROMÉTRICO MEDIANTE SIMULACIÓN

***Ángel Fernández Tena* [1], *María M. Prieto García* [2]**
[1] Departamento de Ingeniería Química y Textil, Facultad de Ciencias Químicas
Universidad de Salamanca. aftena @usal.es
[2] Departamento de Estadística, Facultad de Ciencias
Universidad de Salamanca. mmprieto@usal.es

*Se expone una aplicación que tiene por finalidad simular el diagrama psicrométrico, permitiendo realizar cálculos sobre el mismo y utilizando el cursor como puntero. En una segunda parte, la simulación permite definir las condiciones de un aire, eligiendo unas determinadas variables.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Aunque los cálculos gráficos suelen ser menos exactos que los numéricos, pueden tener la ventaja, como sucede en el caso del diagrama psicrométrico, de ver con ellos, de forma global, la evolución de un determinado proceso y permitiendo hacer cálculos iniciales, de carácter orientativo que, posteriormente, se pueden ajustar de forma numérica.

Por otra parte, si la lectura del diagrama se realiza mediante una simulación, con la ayuda de un microordenador, utilizando el cursor como puntero, ya no solamente se tiene la ventaja de ver el proceso de forma global sino que la exactitud puede llegar a ser del mismo orden que si el calculo fuese numérico, siempre con las limitaciones del tamaño del gráfico y de su definición.

De forma general, los diagramas psicrométricos que aparecen en los libros de texto, están construidos para una presión total de 760 mmHg y, mientras que esto es válido para fines educativos, presenta la dificultad de no poder calcular en ellos, si no es de forma aproximada, cuando la presión (aun siendo la atmosférica) no sea este valor, o cuando se trate de recintos cerrados donde la presión puede variar sustancialmente.

La utilización de una simulación que permita construir el diagrama para la presión exacta de trabajo e incluso acotar el margen de temperatura donde se va a trabajar, permite ver y calcular una determinada evolución de forma más real.

Existen múltiples situaciones en la vida cotidiana que pueden servir de ejemplo en los cálculos en un diagrama psicrométrico, y darle a estos cálculos un carácter recreativo, al mismo tiempo que científico: Así por ejemplo, los que usamos gafas, sabemos lo molesto que es que en un día frío de invierno entrar en un local público, como por ejemplo un bar, y automáticamente empañarse las gafas. Otro ejemplo sería la formación de nubes en un cielo inicialmente despejado; nubes que parecen no venir de ninguna parte, o ver como estas nubes que se forman también desaparecen. O

finalmente, recordando nuestra niñez, en los días fríos, cómo simulábamos fumar echando aire por la boca; aire rico en vapor de agua que al condensarse simulaba el humo.

También con el diagrama psicrométrico se puede dar explicaciones a otros fenómenos que, aunque menos cotidianos, también son muy conocidos. Así cuando pasamos cerca de una central térmica, vemos esas enormes torres que desprenden vapor de agua y que, de forma incorrecta, algunos las consideran como grandes chimeneas. Otro caso sería determinar cómo evoluciona un aire dentro de un secadero, o el caso más conocido del aire acondicionado.

Pues bien, todos estos fenómenos, y muchísimos más, pueden ser explicados con relativa facilidad con la ayuda de un diagrama psicrométrico simulado en un microordenador, siendo éste el objetivo del trabajo que presentamos.

En una segunda parte de esta aplicación se estudia la posibilidad de definir las condiciones de un aire, mediante la elección de diferentes grupos de variables.

## 2. SIMULACIÓN

La aplicación tiene por finalidad introducir al alumno en el manejo de los conceptos fundamentales de la humidificación mediante la utilización del diagrama psicrométrico, correlacionando las diferentes variables que lo definen.

En una segunda parte, el alumno define las condiciones de un aire, seleccionando para ello tanto las variables necesarias como los valores que tomen las mismas.

Un progreso en el dominio de los conceptos permitirá al alumno la selección más adecuada, tanto en las variables como en los valores que asigne a las mismas.

La aplicación está diseñada para ser utilizada de forma autodidática, introduciendo comentarios a las opciones elegidas por el alumno, cuando éstas no sean compatibles desde un punto de vista físico o cuando en la práctica real no sean las más adecuadas.

El uso repetido de la aplicación en el amplio abanico de las posibles condiciones, permitirá al alumno fijar no sólo la relación conceptual entre las diversas variables, sino también tomar idea de los límites en los que son aceptables los valores que se pueden asignar a las mismas, y cómo se interrelacionan entre sí.

## 3. MODO DE OPERACIÓN

Al iniciar la simulación aparece sobre pantalla la siguiente ventana, que permite, mediante opciones en forma de botones, entrar en cualquiera de las dos partes de la aplicación:

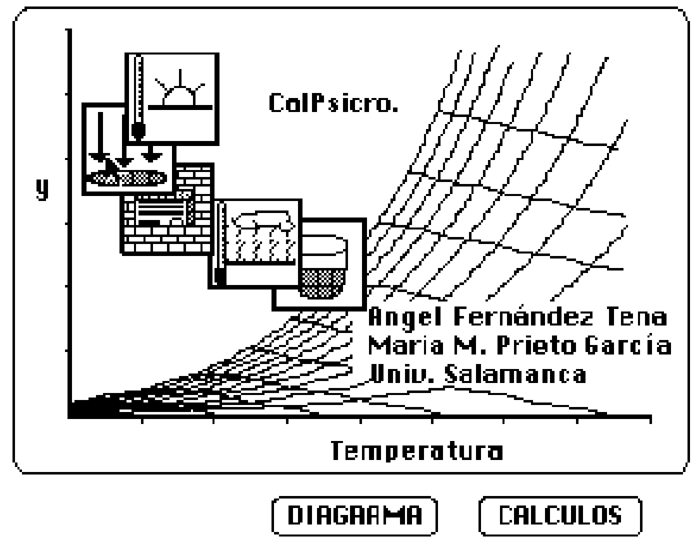



Figura 1. *Ventana de selección: Diagrama-Cálculos*.

Seleccionada la opción *Diagrama*, se fija la presión de trabajo y el margen de temperatura deseado, se ejecuta, y automáticamente queda dibujado en pantalla el correspondiente diagrama psicrométrico:

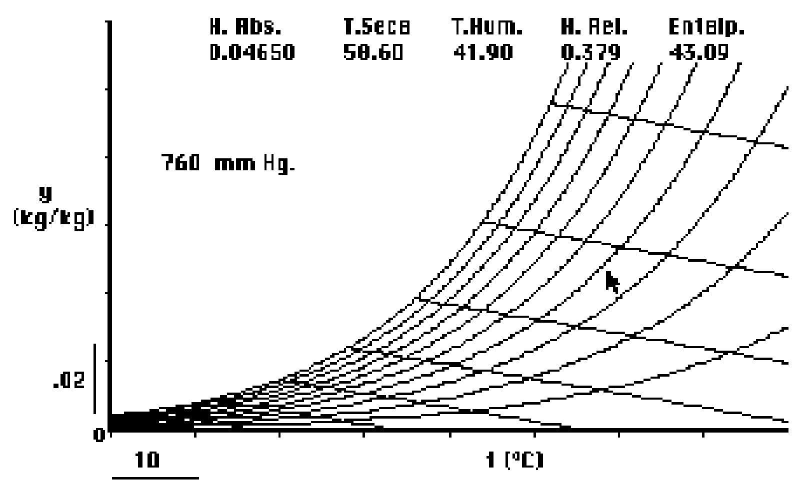



Figura 2. *Diagrama Psicrométrico interactivo*.

Utilizando el cursor como puntero se maca un punto en el diagrama y las variables correspondiente a dicho punto aparecen en un marcador situado en la parte superior. Evolucionando sobre el diagrama, los valores en el marcador irán cambiando, correspondiendo éstos al punto marcado en cada instante.

Si se quieren mezclar dos aires, se definirán las cantidades de cada uno y su composición (marcando sobre el diagrama) y, como resultado, se obtendrá la composición del punto mezcla y, en el caso que se llegue a la saturación, la cantidad de agua condensada.

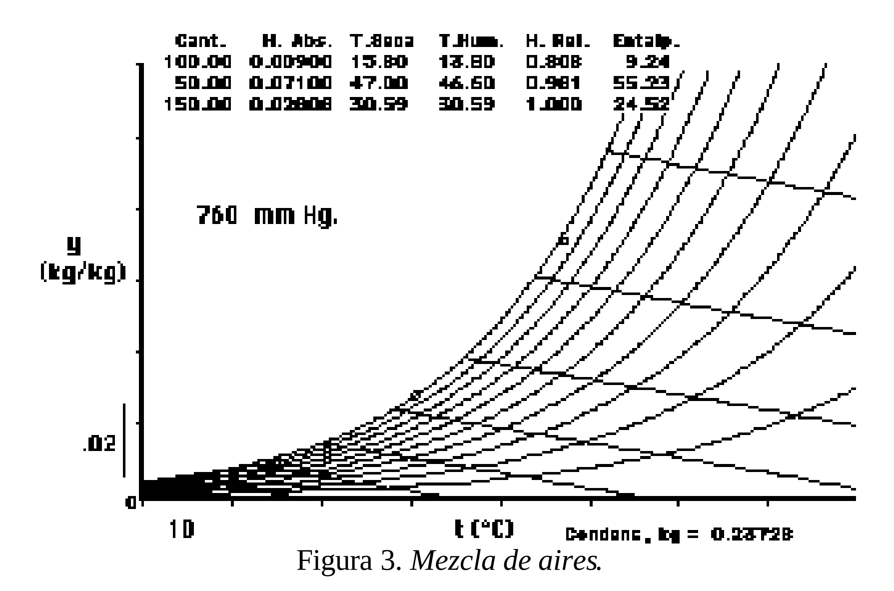


Figura 3. *Mezcla de aires*.

Seleccionada la opción *Cálculos*, aparece una nueva pantalla en cuya parte izquierda, y en posición vertical, están las variables a elegir y, en la parte derecha, una zona horizontal vacía donde se irán colocando las variables elegidas.

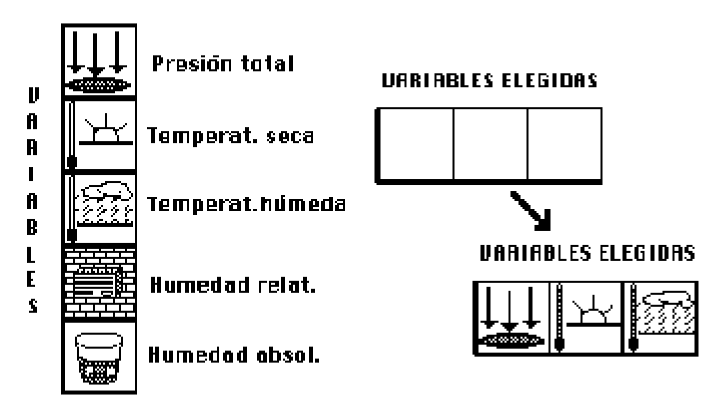


Figura 4. *Selección de variables*.

Para elegir una variable, basta *cliquear* sobre el símbolo correspondiente; automáticamente ésta desaparece de la columna de la izquierda y pasa a la zona de la

derecha. Seleccionadas éstas, la aplicación pide los valores de las variables fijadas y si los valores introducidos son correctos, aparecerán las variables calculadas y sus correspondientes valores. En caso que los valores introducidos no fuesen correctos aparecerá un aviso sobre el mismo.

VALORES DE LAS VARIABLES ELEGIDAS
Presión total (mm Hg.)?: 760
Temp. seca (°C)?: 25
Temp. húmeda (°C)?: 18
VARIABLES CALCULADAS:
Humedad relativa =0.504
Humedad abs. (kg/kg) =0.00990
Calor húmedo (kcal/°C.kg)=0.244
Volumen húmedo (m3/kg)= 0.856
Entalpia total (kcal/kg)= 12.03

Figura 5. *Ventana de resultados.*

**REFERENCIAS**

1. A. Fernández Tena, R. Ardanuy Albajar, M. Prieto García, *Cuadernos de Bioestadística y sus Aplicaciones,* **1992**, Vol. 10 (1), 81.
2. A. Fernández Tena, M. Prieto García, *CalPsicro* , Ed. I.U.C.E., Salamanca (1991).

# EMPLEO DE HOJAS DE CÁLCULO PARA EL ESTUDIO DE LOS EQUILIBRIOS QUÍMICOS EN DISOLUCIÓN Y SUS APLICACIONES

***Adolfo Narros Sierra, Mª. del Mar de la Fuente García-Soto, Mª. Isabel del Peso Díaz***
Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente
ETS de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid
José Gutiérrez Abascal, 2; 28006 Madrid. anarros@etsii.upm.es

*Las hojas de cálculo son programas, de amplia difusión, que permiten realizar cálculos numéricos de forma automática, así como la representación gráfica de los resultados del cálculo. Dichas características hacen que sean muy útiles para el estudio de los equilibrios químicos en disolución y de sus aplicaciones en análisis químico. El empleo de estas herramientas supone una motivación adicional para los alumnos y una clara ayuda para el profesor a la hora de preparar y de impartir las clases.*

## 1. INTRODUCCION

Las hojas de cálculo (*Lotus 1-2-3, Microsoft Excel, Quatro Pro*) son programas que dan respuesta a las principales necesidades de análisis de datos en todos los ámbitos: doméstico, financiero, empresarial, educativo y científico. Permiten crear gráficos, fórmulas, tablas y otras herramientas para organizar cualquier tipo de información.

El empleo de hojas de cálculo para el estudio de los equilibrios químicos en disolución va siendo cada vez más habitual. Ya en algunos libros de texto de Química Analítica, clásicos en la enseñanza de dicha disciplina (1,2), se propone el empleo de dichas herramientas de cálculo para la resolución de problemas, representaciones gráficas, ajuste de curvas y otras aplicaciones. Por otro lado, en los últimos años, están apareciendo textos que tratan específicamente sobre aplicaciones de *Excel* en Química Analítica (3,4). Entre las ventajas de este tipo de programas hay que destacar las siguientes:

- Permiten realizar los cálculos de los equilibrios a partir de las expresiones que se obtienen del estudio sistemático del equilibrio.
- Permiten realizar iteraciones y cálculos repetitivos necesarios para resolver algunos tipos de equilibrios.
- Es posible la representación gráfica de los resultados y así realizar cálculos gráficos de los equilibrios.
- Una vez resulto un equilibrio la hoja de cálculo permite resolver otros sistemas semejantes.
- Disminuye la posibilidad de error.

Desde el punto de vista didáctico, el empleo de este tipo de programas, a nuestro juicio, facilita la labor del proceso enseñanza-aprendizaje. Por un lado, el alumno no tiene que realizar cálculos tediosos, ni representaciones gráficas mecánicas, por lo que es posible centrar la atención del alumno en la comprensión de los equilibrios químicos. Por otro lado, el empleo de las nuevas tecnologías (herramientas informáticas) constituye una motivación adicional para al alumno. En este punto cabe señalar que los alumnos de la Universidad Politécnica de Madrid tienen acceso en todas las Escuelas, a través de la Licencia *Campus*, a paquetes informáticos de *Microsoft* entre los que se incluye la hoja de cálculo *Excel*.

Este tipo de herramientas también facilitan la labor del profesor pues, por un lado, permiten organizar y presentar de forma atractiva las enseñanzas a impartir al alumno, incluso en forma de seminarios en las aulas informáticas disponibles en las Escuelas y Facultades y, por otro, llevar a cabo un seguimiento de la labor de los alumnos a través de ejercicios que deben resolver y enviar al profesor en formato electrónico.

En este trabajo se presentan algunos ejemplos del papel de las hojas de cálculo en el estudio de los equilibrios químicos y en alguna de sus aplicaciones, como pueden ser las volumetrías.

## 2. EJEMPLOS SELECCIONADOS

### 2.1. Equilibrios ácido base

Se ha seleccionado el caso del ácido fosfórico para estudiar el ejemplo de los equilibrios ácido base. Dicho ácido es un ácido poliprótico que presenta los siguientes equilibrios de disociación ácido base en disolución acuosa:

$$H_3PO_4 \leftrightarrows H_2PO_4^- + H^+ \qquad K_{a1} = \frac{[H_2PO_4^-][H^+]}{[H_3PO_4]} = 7{,}11 \cdot 10^{-3}$$

$$H_2PO_4^- \leftrightarrows HPO_4^{2-} + H^+ \qquad K_{a2} = \frac{[HPO_4^{2-}][H^+]}{[H_2PO_4^-]} = 6{,}32 \cdot 10^{-8}$$

$$HPO_4^{2-} \leftrightarrows PO_4^{3-} + H^+ \qquad K_{a3} = \frac{[PO_4^{3-}][H^+]}{[HPO_4^{2-}]} = 4{,}50 \cdot 10^{-13}$$

Los valores de las constantes de disociación ácido base se han tomado de Skoog y col. (2). Las expresiones de las concentraciones de las distintas especies que se obtienen mediante el estudio sistemático del equilibrio son las siguientes:

$$[H_3PO_4] = \frac{C \cdot [H^+]^3}{[H^+]^3 + K_{a1}[H^+]^2 + K_{a1}K_{a2}[H^+] + K_{a1}K_{a2}K_{a3}}$$

$$[H_2PO_4^-] = \frac{C \cdot K_{a1}[H^+]^2}{[H^+]^3 + K_{a1}[H^+]^2 + K_{a1}K_{a2}[H^+] + K_{a1}K_{a2}K_{a3}}$$

$$[HPO_4^{2-}] = \frac{C \cdot K_{a1}K_{a2}[H^+]}{[H^+]^3 + K_{a1}[H^+]^2 + K_{a1}K_{a2}[H^+] + K_{a1}K_{a2}K_{a3}}$$

$$[PO_4^{3-}] = \frac{C \cdot K_{a1}K_{a2}K_{a3}}{[H^+]^3 + K_{a1}[H^+]^2 + K_{a1}K_{a2}[H^+] + K_{a1}K_{a2}K_{a3}}$$

Donde C es la concentración analítica del ácido fosfórico. En una hoja de cálculo se pueden introducir las expresiones anteriores, de manera que, para cada valor de pH, se calcula la concentración de cada una de las especies en el equilibrio. También es posible obtener el diagrama logarítmico del sistema del ácido fosfórico; para ello se construye una hoja de cálculo como la de la Figura 1. Se da valor al pH desde 0 a 14 en incrementos de 0,1 unidades, se calcula $[H^+]$ y las concentraciones de las demás especies del ácido según las expresiones anteriores. Para cada especie se calcula el logaritmo de la concentración. Por último, se representa el logaritmo de la concentración de cada especie, en el mismo diagrama, en función del pH. El resultado para una concentración analítica 0,1 mol/L de ácido fosfórico es el que se recoge en la Figura 1.

A partir del diagrama es posible conocer las concentraciones de las especies en el equilibrio a cualquier valor de pH. También es posible conocer el pH de disoluciones de ácido fosfórico o de sus sales, así como de disoluciones reguladoras que pueden prepararse por mezcla de alguna de las sales del ácido.

La hoja de cálculo es válida para cualquier ácido triprótico y para cualquier concentración, únicamente hay que modificar los valores de las constantes de disociación y de la concentración, y automáticamente se recalcula y se representa el nuevo diagrama.

Otra alternativa es representar los diagramas de distribución de especies. Dichos diagramas consisten en la representación de la fracción molar de cada especie en función del pH. Los diagramas son independientes de la concentración y las expresiones que se emplean son las anteriores divididas por la concentración, así por ejemplo para el caso de ácido fosfórico:

$$a_{H_3PO_4} = \frac{[H_3PO_4]}{C} = \frac{[H^+]^3}{[H^+]^3 + K_{a1}[H^+]^2 + K_{a1}K_{a2}[H^+] + K_{a1}K_{a2}K_{a3}}$$

Los valores de a para las demás especies se calculan de forma similar. La representación del diagrama de predominancia para el ácido fosfórico es la que se recoge en la Figura 2.

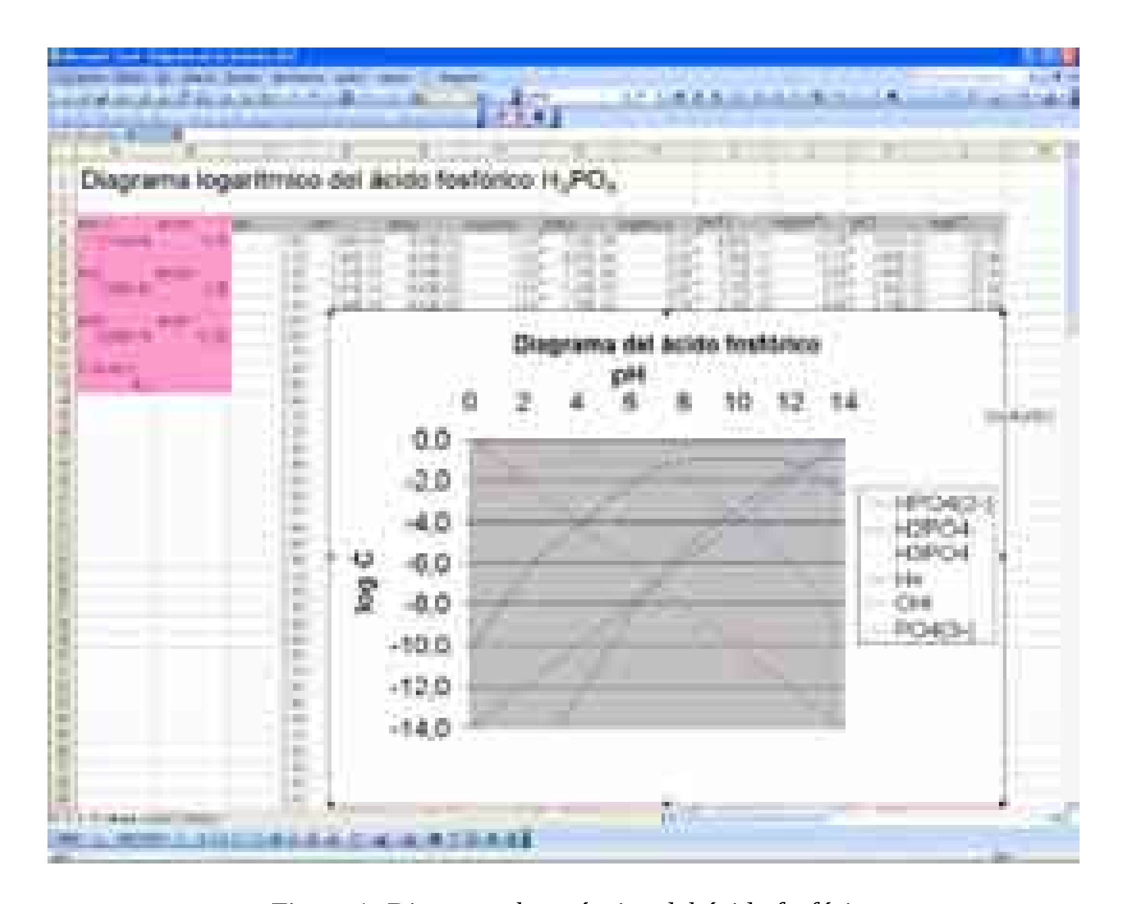



Figura 1. *Diagrama logarítmico del ácido fosfórico.*

Por último, es posible obtener una representación de la curva de valoración de cualquier ácido o base fuerte o débil, empleando las expresiones que figuran en el libro de Harris (1), que para un la valoración de un ácido triprótico con base fuerte es:

$$\phi = \frac{C_b \cdot V_b}{C_a \cdot V_a} = \frac{\alpha_{H_2A^-} + 2\alpha_{HA^{2-}} + 3\alpha_{A^{3-}} - \frac{[H^+]-[OH^-]}{C_a}}{1+\frac{[H^+]-[OH^-]}{C_b}}$$

En la Figura 3 se recoge la representación de la curva de valoración del ácido fosfórico junto a la primera derivada de dicha curva. En ella se observa cómo para este ácido no es posible detectar el tercer punto de equivalencia, ya que no aparece el punto de inflexión en la curva de valoración, ni el pico correspondiente en la derivada de la curva.

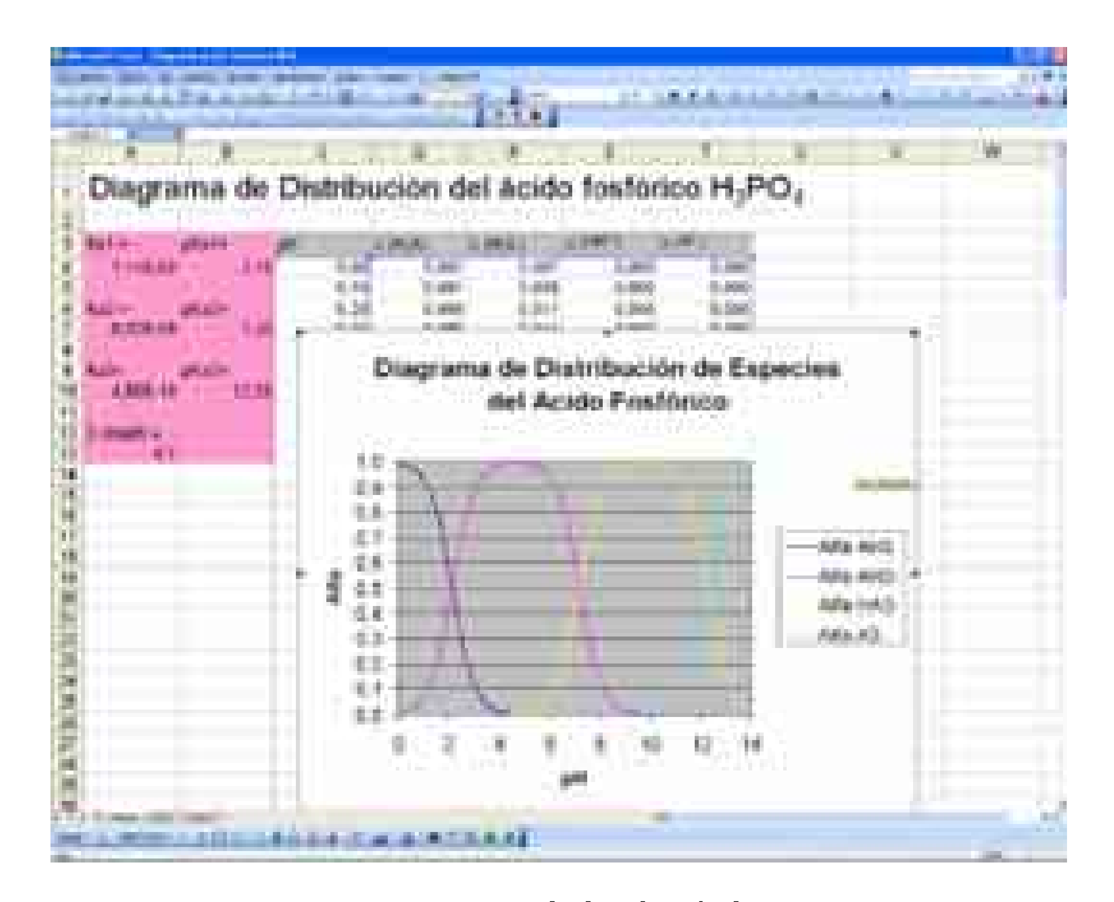



Figura 2. *Diagrama de distribución de especies.*

**2.2. Equilibrios de formación de complejos**

Una de las posibles aplicaciones de *Excel* al estudio de los equilibrios de formación de complejos es la determinación de las constantes condicionales de formación. En la Figura 4 se representa la constante condicional de formación del complejo Cu (II)-AEDT en función del pH. La expresión que permite el cálculo es:

$$K_f^{'} = K_f \cdot a_{Cu} \cdot a_Y$$

Siendo $a_{Cu}$ y $a_Y$ las fracciones molares de Cu y AEDT en las forma $Cu^{2+}$ e $Y^{4-}$, teniendo en cuenta las reacciones de formación de complejos hidroxilados del catión y las reacciones ácido-base del AEDT.

La Figura 4 es útil para el estudio de las condiciones en las que hay que llevar a cabo las valoraciones complexométricas, por ejemplo.




Figura 3. *Curva de valoración del ácido fosfórico y primera derivada.*

**2.3. Equilibrios redox**

Una de las posibles aplicaciones de *Excel* a este tipo de equilibrios es la obtención de los diagramas de predominancia de especies. Dichos diagramas son una representación del potencial condicional de un par redox en función, por ejemplo, del pH. En la Figura 5 se representa uno de estos diagramas para el sistema polirredox $ClO^-/Cl_2/Cl^-$, en el que resalta la dismutación del cloro para valores de pH superiores a 4,6.

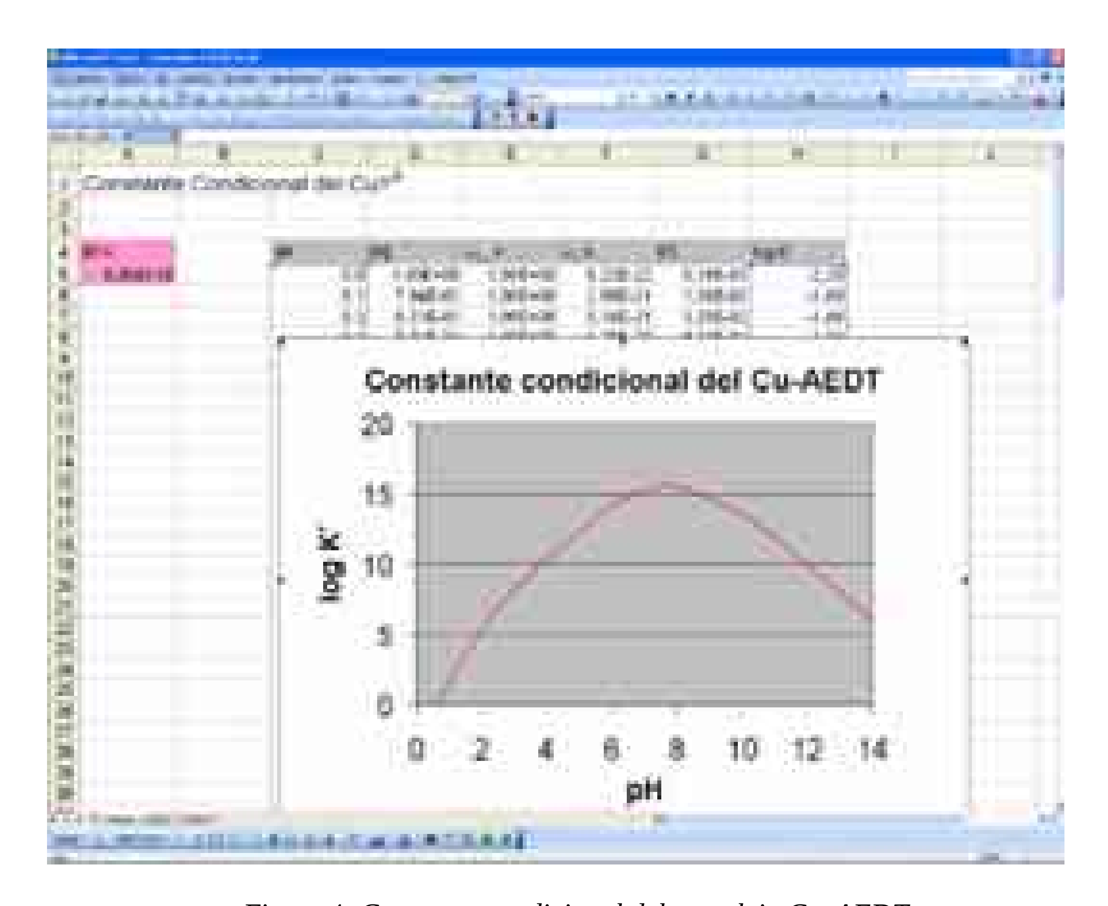



Figura 4. *Constante condicional del complejo Cu-AEDT.*

**REFERENCIAS**

1. D.C. Harris, *Análisis Químico Cuantitativo,* 2ª Ed, Reverté, Barcelona (2001).
2. D.A. Skoog, D.M. West, F.J. Holler, S.R. Crouch, *Química Analítica,* 7 ªEd., Mc Graw-Hill, Mexico (2001).
3. R.de Levie, *How to use Excel in Analytical Chemistry*, Cambridge University Press (2001).
4. S.R. Crouch, F.J. Holler, *Applications of Microsoft Excel in Analytical Chemistry*, Thomson Brooks-Cole (2004).




Figura 5. *Diagramas de áreas de predominancia en sistemas redox.*

# ESTRATEGIAS EDUCATIVAS EN EL CONTEXTO DEL ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN SUPERIOR: APLICACIÓN A UN CURSO DE QUÍMICA INORGÁNICA

***Gabriel Pinto Cañón, Arturo Chávez Flores***
E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid
José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid
gabriel.pinto@upm.es

*Se ofrece una visión general de cómo se han implementado estrategias didácticas, centradas en los alumnos, en la asignatura de Química Inorgánica. El objeto fundamental de estas estrategias es facilitar una labor más activa de los estudiantes, favoreciendo el desarrollo de competencias y habilidades, en el contexto del sistema ECTS (European Credit Transfer and Accumulation System), como demanda la creación del Espacio Europeo de Educación Superior. Se modificó el enfoque de la asignatura, combinando métodos de enseñanza tradicionales (clase magistral y clase de resolución de ejercicios) con técnicas didácticas más modernas (plataforma en Internet, trabajo grupal, desarrollo de mapas conceptuales, trabajos dirigidos y aprendizaje basado en problemas). Finalmente, se presenta sucintamente la problemática que se ha observado en la implantación de las modificaciones metodológicas.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Está bien admitido que no existe ningún método docente que sea mejor que los otros, dependiendo su utilización de las características de los profesores, del tipo de alumnos, del contexto educativo, etc. Sin embargo, también está ampliamente admitido que los métodos de enseñanza centrados en los estudiantes son más formativos, más generadores de aprendizajes significativos y más adecuados para favorecer la memorización, que los métodos centrados en el profesor. Por eso, a nivel general, en algunas de las Universidades más destacadas del mundo, se promueve, desde hace años, un cambio de cultura docente en el que la organización de la enseñanza se centra en el "aprendizaje de los alumnos". En el ámbito europeo, este cambio está promovido dentro del contexto del denominado "proceso de Bolonia", que marca el rumbo para alcanzar un *Espacio Europeo de Educación Superior* en el año 2010.

Aprender es un proceso constructivo, en el que los alumnos elaboran estructuras mentales nuevas a partir de lo conocido. De acuerdo con las tendencias educativas actuales (y esto quiere decir las últimas décadas), el papel del profesor consiste en guiar, orientar y potenciar los esfuerzos de aprendizaje que el estudiante realiza. Aunque los estudiantes poseen la responsabilidad para el aprendizaje, los profesores tienen la responsabilidad de activar el interés de los estudiantes hacia el aprendizaje y de enseñarles cómo aprender y cómo desarrollar habilidades para favorecer el

aprendizaje a lo largo de la vida. Para ello, existen diversas estrategias pedagógicas (1,2) relacionadas con la teoría behaviorista, la teoría constructivista, mapas conceptuales, aprendizaje basado en problemas, estudio de casos y utilización de Internet, entre otras.

La asignatura sobre la que se ha implementado una nueva metodología docente es la Química Inorgánica de la titulación de Ingeniería Química de la Universidad Politécnica de Madrid. Tiene un carácter semestral (7,5 créditos) y se imparte durante el segundo semestre del primer curso universitario. Se considera equivalente a 6 créditos ECTS (*European Credit Transfer and Accumulation System*), como figura en el plan de organización docente, por lo que implicaría un trabajo de un alumno medio de entre 150 y 180 horas.

Esta asignatura supone una introducción a esa rama de la Química y tienen por objeto fundamental que los alumnos conozcan, razonen y justifiquen químicamente sobre las propiedades, materias primas necesarias, formas de obtención y purificación, reacciones químicas y aplicaciones de los principales elementos químicos y de algunos compuestos seleccionados.

La Química es una Ciencia experimental. Por tanto, el trabajo realizado en el laboratorio juega un papel importante para la comprensión del conocimiento químico en los alumnos. De forma complementaria a la asignatura a la que se refiere este trabajo, existe una actividad práctica de laboratorio, dentro de otra materia denominada Experimentación en Química I, que no es motivo de este estudio.

## 2. EL CRÉDITO EN EL SISTEMA ECTS

Un sistema de créditos es una forma sistemática de describir un programa educativo asignando créditos a sus componentes. En la educación universitaria, se basa en distintos parámetros, como son los resultados del aprendizaje, las horas lectivas o la carga de trabajo de los estudiantes. El sistema ECTS es de este último tipo, porque se basa en la carga de trabajo necesaria para la consecución de los objetivos del programa. Estos objetivos se especifican como resultados del aprendizaje esperados o competencias (capacidades, conocimientos y destrezas) que ha de adquirir el alumno. El ECTS se adoptó ya en 1989 dentro del programa europeo Erasmus. En un principio sólo se planteó como un sistema de transferencia de créditos para alumnos que cursaban estudios en distintos países. En la actualidad, la práctica y el proceso de Bolonia han hecho que sea, además, un sistema de acumulación de créditos.

El sistema ECTS no es una quimera o una nueva moda pasajera. Por ejemplo, a nivel de España, se estableció (3), hace dos años, que es el sistema de créditos y calificaciones de las titulaciones universitarias de carácter oficial y con validez en todo el territorio nacional. En el Decreto que lo regula, se indica que el sistema europeo de créditos constituye un punto de referencia básico para lograr la transparencia y armonización de las enseñanzas en Europa. Además, se señala que "*esta medida del haber académico comporta un nuevo modelo educativo que ha de orientar las*

*programaciones y las metodologías docentes centrándolas en el aprendizaje de los estudiantes, no exclusivamente en las horas lectivas".*

El ECTS hace los programas de estudios más comprensibles y comparables. Se basa en la convención de que 60 créditos miden la carga de trabajo de un estudiante medio, a tiempo completo, durante un curso académico (equivalente a entre 36 y 40 semanas por año). Cada crédito equivale a entre 25 y 30 horas de trabajo del estudiante e incluye el tiempo invertido en asistir a clases y seminarios, estudio independiente, preparación y realización de exámenes, etc. Es un concepto en el que la dimensión de la educación se basa en el aprendizaje, con lo que el rol de profesores y alumnos cambia: lo esencial ya no es el número de horas de clase, sino una visión más global.

## 3. MODIFICACIONES DOCENTES REALIZADAS

Desde un enfoque de enseñanza tradicional, los alumnos adquirirían el conocimiento preferentemente a través de las clases impartidas por el profesor, de forma que aprenderían de forma más bien pasiva. La meta fundamental para modificar el enfoque de la asignatura objeto de este estudio fue establecer un modelo de enseñanza-aprendizaje más centrado en los alumnos, promoviendo en éstos un contexto de aprendizaje activo e intentando prepararles en habilidades de aprendizaje de utilidad a largo plazo (4,5). Para ello, se combinó un método de enseñanza tradicional (clases magistrales y clases de resolución de ejercicios) durante 5 horas por semana, con una actividad de aprendizaje guiado en la que el grupo de clase (62 alumnos) se dividía en dos grupos que disponían de tres horas semanales en el aula. En esta última actividad, los alumnos podían desarrollar los procesos que se tratan en los siguientes epígrafes, acudir a la biblioteca o sala de ordenadores, consultar al profesor, etc.

### 3.1. Uso de aprendizaje basado en problemas

El aprendizaje basado en problemas (ABP) es un entorno de aprendizaje en el que los problemas guían el proceso de aprendizaje (6). Así, antes de aprender conocimientos, se ofrece una serie de problemas seleccionados a los alumnos, de forma que descubren por ellos mismos lo que necesitan aprender para resolverlos. El ABP es una estrategia que favorece el pensamiento crítico, el aprendizaje cooperativo y promueve habilidades de resolución de problemas a través de la resolución de problemas reales interdisciplinares o, al menos, integradores.

La esencia del ABP es que es el alumno quien resuelve los problemas y los entiende por sí mismo (7). El docente, una vez presentada la situación problemática, se retira a un segundo plano, actuando más como guía que como "fuente de soluciones". Entre los beneficios del ABP se pueden citar los siguientes conceptos (8): aumenta la motivación, ofrece respuesta a ¿para qué sirve estudiar esto?, promueve el pensamiento de orden superior, alienta aprender a aprender y promueve la metacognición.

Hay muchas formas de ABP. Una forma de aproximación es que los alumnos lean detenidamente los problemas (o ejercicios clásicos) propuestos en cada tema, previamente al tratamiento del mismo, y que anoten los conceptos que tiene que emplear o que no entiendan. Aparte de este modo de aproximación al ABP, que resultó motivador para los alumnos, algunos ejemplos de problemas planteados a los alumnos en la asignatura objeto de este estudio se recogen en otro trabajo (9).

### 3.2. Uso de mapas conceptuales

Es bien conocido que las representaciones visuales utilizadas para la comunicación de ideas son de gran utilidad para el aprendizaje de las Ciencias Experimentales (1). Entre los organizadores gráficos más utilizados en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química se encuentran los mapas conceptuales, la V heurística (o "V de *Gowin*") y las bases de orientación (1,10).

Los mapas conceptuales favorecen el aprendizaje significativo. Éste se produce cuando al percibirse un conocimiento se integra con las ideas previas que tiene el alumno, se comprende su utilidad real o se le asigna una utilidad nueva y, como consecuencia, ese conocimiento se asimila de forma definitiva, pasando a integrarse en la estructura cognitiva (11). En otras palabras, cuando el alumno relaciona lo que ya sabe con los nuevos conocimientos.

Los mapas conceptuales son diagramas en los que se muestran varias informaciones clasificadas y relacionadas. Su objeto principal es presentar relaciones significativas entre conceptos en forma de proposiciones. Estas relaciones se explicitan mediante una serie de flechas que ponen de manifiesto las dependencias, similitudes y diferencias entre conceptos, así como su ordenación jerárquica (12). En cada flecha se indica alguna palabra (denominada *relacionante*) que hace más explícita la relación entre conceptos (13). Cada mapa conceptual define claramente la idea central, colocándola en el centro del diagrama, y permite establecer la relación entre ideas de una forma más fácil.

Para elaborar un mapa conceptual es necesario: identificar y seleccionar los conceptos relevantes, establecer una jerarquía entre ellos (distinguiendo entre los generales y los particulares), y unir a través de líneas, formando frases con sentido, los conceptos mediante *relacionantes* (evitando en lo posible el uso de verbos o expresiones simples y repetidas, como "tiene" o "es"). Un concepto puede estar relacionado con otros varios. La organización final debe facilitar la lectura y ser visualmente atractiva.

Los mapas conceptuales pueden servir como una clave fundamental para que el profesor siga el mejor camino para comunicar una serie de conceptos. También se puden utilizar para ayudar al profesor a explicar las razones por las que profundiza en un aspecto particular, de forma que los alumnos puedan ver cómo aspectos particulares de información se ajustan a un esquema más amplio. Esta estrategia sirve también, por ejemplo, para ayudar a los alumnos a clarificar las diferencias entre

conceptos relacionados y para motivarles a pensar en ellos más profundamente. La percepción de todo un conjunto de relaciones facilita la atención.

En la Figura 1 se muestra cómo los alumnos discuten, en grupos de tres, el desarrollo de un mapa conceptual en el aula. A modo de ejemplo, se incluye un mapa conceptual (Figura 2) realizado por las alumnas Marta Álvarez, Marta Baratech y Laura Blanco en la asignatura objeto de este trabajo.



Figura 1. *Alumnos realizando una actividad de aprendizaje cooperativo en el aula*.

**3.3. Uso de estudio de casos**

El estudio de casos es un método de enseñanza muy popular en la formación médica, jurídica y empresarial, donde existe una amplia tradición en el uso de historias reales o simuladas como casos, mediante los que se enseña a los estudiantes. Así, desde principios del siglo XIX se han entrenado alumnos en la práctica jurídica haciéndoles analizar casos reales ya tratados por algún tribunal. Cada vez se emplea más en la Didáctica de la Química (14). Debe integrar varias disciplinas o temas y estar relacionado con el mundo real. Implica aprender “haciendo”, desarrollando habilidades analíticas y de decisión en los alumnos. En el estudio de casos, los alumnos deben estudiar independientemente un tiempo y aprender a trabajar como integrantes de un equipo. Es una técnica que se centra en los participantes, al propiciar un juicio crítico alrededor de un hecho (real o ficticio) que previamente les fue ilustrado. El caso puede ser un documento breve o extenso, en forma de lectura, fotografía o película.

La secuencia de trabajo que se sugiere en esta metodología es: el profesor prepara un caso que corresponda a los objetivos del programa y lo presenta al grupo; el profesor lo entrega al menos una semana antes de su discusión y se pide que los alumnos, individualmente o en pequeños grupos, indiquen por escrito su análisis previo, tras la lectura del caso; seguidamente se discute sobre las opiniones de los participantes, enriquecidas por el profesor, que interviene para repreguntar, vincular

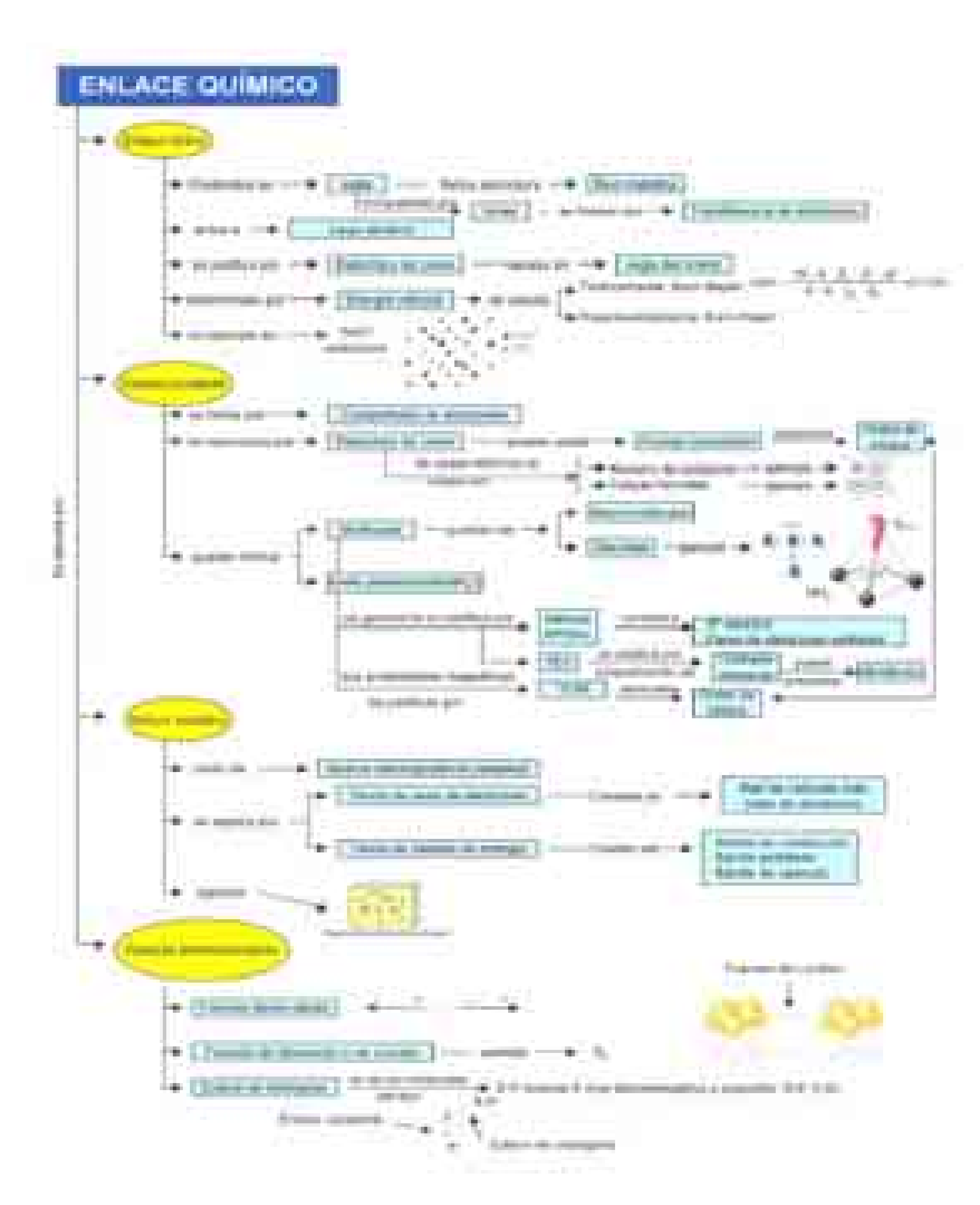



Figura 2. *Mapa conceptual del enlace químico realizado por tres alumnas.*

respuestas, y ofrecer a consideración ciertas disyuntivas abiertas; finalmente, de forma individual o en grupos pequeños, se elaboran las conclusiones.

En el estudio de un caso, el profesor guía a los alumnos a través de la discusión de un caso, cuestionando, clarificando, probando y destacando aspectos. El caso propuesto debe ser interesante, motivador y relacionado con la vida real. El estudio de casos ayudan a los alumnos a construir habilidades de: análisis, síntesis, aplicación de conceptos, resolución de problemas, pensamiento crítico y comunicación. Deben examinarse diferentes soluciones ante un mismo caso.

Algunos de los casos sobre los que trabajaron los alumnos de la asignatura objeto de este estudio fueron:

- Explicar qué es el desarrollo sostenible y qué pueden aportar en él los conocimientos propios de la Química Inorgánica (incluir ejemplos).

- Explicar cómo se forma el “agujero de ozono”. ¿Por qué se dice que es negativo que falte ozono en la ozonosfera y, sin embargo su contenido en el aire es un dato que se ofrece en las pantallas informativas del Ayuntamiento de Madrid junto a otros agentes contaminantes?

- Explicar en qué consiste la ósmosis inversa para la obtención de agua desalinizada y si se emplea en España ese método.

- Explicar cómo se obtiene el cloro, por qué tiene “mala prensa” y cuáles son sus principales aplicaciones. Esta cuestión promueve un debate entre dos equipos que defienden posturas contrarias: uno “a favor” y otro “en contra” de los compuestos derivados del cloro.

- En enero de 2005, un accidente (que lamentablemente se repite con cierta frecuencia) en el que fallecieron 18 personas, conmocionó a la opinión pública española. Se percibió así lo letal que puede resultar una mala combustión en estufas. Explicar las causas y los efectos de este tipo de accidentes.

- Explicar brevemente qué es el protocolo de Kioto, que entró en vigor el 16 de Febrero de 2005.

- Explicar por qué el metal más abundante en la corteza terrestre se conoció a principios del siglo XIX y otros, como el hierro o plata se conocen desde hace siglos.

- Explicar por qué los objetos de plata se ennegrecen (hay que limpiarlos con productos especiales), los de cobre y sus aleaciones (bronce y latón) forman una pátina de color verde (ver por ejemplo la estatua de Emilio Castelar en la plaza del mismo nombre, en Madrid), los de aluminio no se alteran y los de hierro forman una herrumbre rojiza.

- Cuantificar las ventajas e inconvenientes de reciclar el vidrio (tómese como ejemplo 1,0 kg con una composición determinada).

- Cuantificar las ventajas e inconvenientes de reciclar el aluminio (tómese como ejemplo 1,0 kg de este metal).

### 3.4. Uso de otros métodos docentes

En pocos años, Internet se ha convertido en una herramienta ampliamente utilizada para la enseñanza y el aprendizaje de la Química (15). Es conveniente e interesante para los alumnos aprender nuevo conocimiento, buscar información, y comunicarse con profesores y otros alumnos mediante Internet. El uso de plataformas educativas facilita notablemente la labor de profesores y alumnos para trabajar mediante Internet. En el caso concreto de la asignatura de Química Inorgánica, se utilizó para intercambio de información (textos de clase, enunciados y soluciones de problemas, planteamiento de tareas individuales, realización de trabajos en equipo, etc.) la plataforma educativa Aulaweb, ampliamente utilizada en la Universidad Politécnica de Madrid.

Además de las metodologías docentes citadas, se emplearon también presentaciones en *Power Point*, representaciones moleculares y demostraciones químicas en el aula. Todo ello supone un importante impacto y ayuda a incrementar el interés del alumno hacia el aprendizaje, activa la atmósfera de la clase y aumenta la eficiencia de la enseñanza. Existe un buen número de demostraciones que se pueden realizar en el aula (16).

## 4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Somos conscientes de las dificultades de alumnos, docentes e instituciones para adaptarse de forma inmediata a las estrategias de enseñanza de Química universitaria centradas en los alumnos. Según estas estrategias, el que aprende debe esta “activo” y esto significa esfuerzo.

La innovación docente en el contexto que requiere la enseñanza de la Química a principios del siglo XXI implica no sólo nuevos métodos de formación, con disminución de clases magistrales para dar paso a trabajo cooperativo y métodos docentes más participativos, sino una integración real de las tecnologías de la información y la comunicación en el aprendizaje, nuevos objetivos de formación, y trabajo en equipo, entre otros aspectos.

De acuerdo a la experiencia desarrollada, entre otras dificultades que se presentan al aplicar estrategias educativas centradas en los alumnos para el aprendizaje de la Química, se destacan:

- mayor carga de trabajo, tanto para los docentes como para los alumnos,
- necesidad de nuevos espacios de aprendizaje, con una organización más flexible, para permitir, por ejemplo, la realización de trabajos en equipo,
- mayor esfuerzo organizativo y de coordinación,
- necesidad de apoyo institucional (presupuestos, incentivos, reconocimiento de la labor realizada) para hacer efectivo el cambio de metodologías docentes,
- falta de preparación en el alumnado, que está acostumbrado a asistir pasivamente a clase y orientar su actividad para el aprendizaje casi con exclusividad a la superación de los exámenes,
- necesidad de formación pedagógica e implicación del profesorado,

- necesidad de cambio en las instituciones. Así, la asignación de profesorado no debería depender tanto de los créditos o las horas por semana de "impartición de clases", sino del número de alumnos y otras tareas adicionales (orientación al alumno, evaluación continua, preparación de casos, problemas, recursos informáticos y textos, etc.),

- mayor dificultad en el proceso de evaluación, que no debe depender sólo del examen tradicional. Este es un aspecto importante, puesto que las pruebas tipo examen tienen normalmente normativa, fechas específicas en las Universidades, y toda una serie de aspectos históricos y sociológicos difíciles de modificar. Los alumnos normalmente tienen un comportamiento estratégico y de poco valdría que se modificara la metodología y los objetivos educativos si el sistema de evaluación se reduce a un examen final tradicional.

Todas estas dificultades se ven compensadas por la generación de un entorno más creativo y participativo. Aunque los resultados de las encuestas solicitadas a los alumnos para evaluar las actividades será objeto de un trabajo posterior, tanto su análisis como la percepción del desarrollo del curso hacen ver que los alumnos consideran que estas metodologías, si bien les supone más carga de trabajo (como manifiesta el 66% de ellos), les sirven para aprender más sobre la asignatura (como indica un 81 % de ellos). Al preguntar a los alumnos si piensan que con la nueva metodología se aprueba más fácilmente, un 47% opina que sí y el 53 % restante opina que no.

## 5. CONCLUSIONES

Como se aprecia en lo expuesto, la experiencia demuestra que un modelo educativo orientado a las competencias (formación con criterios y capacidad) de las personas y no sólo a los contenidos no es un asunto baladí. Las dificultades se acrecientan, además, si suponen experiencias aisladas y no del conjunto de materias y de Departamentos implicados.

Los cambios señalados, y otros adicionales, deberían desarrollarse paulatinamente y por grupos de profesores (de una asignatura y de varias). El proceso de Bolonia que implica, para países como España, cambios sustanciales en el modelo educativo, tipos de titulaciones universitarias, criterio de créditos, evaluación de la calidad, acreditación de titulaciones, etc., deberían considerarse como una "oportunidad" para la mejora, y no como una "amenaza" a lo establecido.

Por último, cabe señalar que, como se indicó en el apartado anterior, la innovación metodológica implica esfuerzo y una serie de problemática que hay que superar. Pero lo mismo ocurre con las reacciones químicas: hasta las más exotérmicas necesitan una energía de activación; y esta energía se puede reducir mediante catalizadores.

## REFERENCIAS

1. N. Sanmartí, *Didáctica de las Ciencias Experimentales en la educación secundaria obligatoria*, Ed. Síntesis Educación, Madrid (2002).

2. J.M. Campanario, *La enseñanza de las Ciencias en preguntas y respuestas*, en formato CD Rom, Ed. Universidad de Alcalá (2002). Disponible en la dirección de Internet http://www2.uah.es/jmc/webens/INDEX.html
3. Real Decreto 1125/2003 de 5 de septiembre de 2003, B.O.E. número 224, 34355-34356.
4. L. Yunqi, *The China Papers,* **2003**, July, 20-24.
5. J. Xu, *The China Papers,* **2003**, July, 15-19.
6. P. Ram, *J. Chem. Ed.,* **1999**, Vol. 76, 1122.
7. I. Demaría, M. Trapé, S. Bellú, M. Rizzotto, *Anuario Lat. Ed. Quím.*, **2003-2004**, Vol. 17, 1-6.
8. J.A. Molina Ortiz, A. García González, A. Pedraz Marcos, M.V. Antón Nardiz, *Rev. Red Estatal Docencia Universitaria*, **2003**, Vol. 3 (2), 79-85.
9. G. Pinto, *Problemas estequiométricos de la realidad cotidiana,* en *Didáctica de la Física y la Química en los distintos niveles educativos*, Ed. Sección de Publicaciones de la ETS de Ingenieros Industriales de la UPM, Madrid (2005).
10. J.D. Novak, D.B. Gowin, *Aprendiendo a aprender*, Ed. Martínez Roca, Barcelona (1988).
11. D.P. Ausubel, J.D. Novak, H. Hanesian, *Psicología educativa: un punto de vista cognitivo*, Ed. Trillas, México (1983).
12. J.W.A. Lanzing, (1997), *The concept mapping homepage*. Disponible en la dirección de Internet http://users.edte.utwente.nl/lanzing/cm_home.htm
13. L. Anderson-Inman, L. Zeitz, *The Computing Teacher,* **1994**, Vol. 21 (8), 21-25.
14. P.R. Challen, L.C. Brazdil, *The Chemical Educator*, **1996**, Vol. 1 (5), 1-13.
15. G. Pinto, *Preparación y mantenimiento de contenidos educativos de Química a través de Internet*, en *Nuevas tecnologías en la innovación educativa*, Sección de Publicaciones de la ETS de Ingenieros Industriales de la UPM, Madrid (2003).
16. G. Pinto, *Anales Real Soc. Esp. Quím.,* **2003**, Vol. 99 (1), 44-52.

# Parte III

# Trabajos Prácticos

# ACTIVIDAD QUÍMICA DE LOS METALES Y RESISTENCIA A LA CORROSIÓN: UNA PRÁCTICA SOBRE LA REACTIVIDAD DE LOS METALES FRENTE A OXIDANTES SUAVES

***Idoia Ruiz de Larramendi*[1], *José Ignacio Ruiz de Larramendi*[2]**
[1]Departamento de Química Inorgánica, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco, Bº Sarriena s/n, 48940 Leioa, Bizkaia. qibruvii@lg.ehu.es
[2]Departamento de Química Inorgánica, Facultad de Farmacia
Universidad del País Vasco, Paseo de la Universidad nº 7, 01006 Vitoria-Gasteiz
qipruloj@vf.ehu.es

*Se expone la práctica de reacción de los metales con protones en medio acuoso y con oxígeno seco. Se recogen los resultados no previstos que los alumnos obtienen y se aporta el razonamiento teórico que permite interpretarlos.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Cuando se estudia en el laboratorio el comportamiento de los metales, los alumnos se suelen sorprender al comprobar que, en muchos casos, no hay acuerdo entre lo que esperan ver y los resultados que obtienen.

Es conocido que los metales son elementos químicos que poseen ciertas propiedades comunes: a temperatura ambiente, excepto el Hg, todos son sólidos, presentan un brillo característico denominado brillo metálico, son buenos conductores del calor y de la electricidad, y la mayor parte de ellos tienen en común la capacidad de ionizarse fácilmente, convirtiéndose en cationes.

Al estudiar la reactividad de los metales con oxidantes tales como el agua, los ácidos o el oxígeno, que teóricamente pueden oxidarlos, en el laboratorio no siempre se confirma. Para comprobarlo, se puede empezar tomando unas muestras de metales, por ejemplo Na, Al, Au, Sn, Fe, Zn y observar su reactividad frente al $H_2O$ (pH = 7).

Según los potenciales normales de electrodo deben oxidarse Na, Al, Zn, Fe y sin embargo, solo reacciona el Na:

$$2\ Na(s) + 2\ H_2O \longrightarrow 2\ Na^+(ac) + H_2(g) + 2\ OH^-(ac)$$

De acuerdo con este resultado se puede pensar que aunque la reacción con el agua es termodinámicamente posible (son exotérmicas), las velocidades de las reacciones son tan lentas que no se perciben. Sin embargo, aunque las consideraciones cinéticas son importantes, ésta no es la mejor explicación (1).

Cuando se sustituye el agua destilada por ácidos diluídos sin aniones oxidantes, (HCl, $CH_3COOH$, etc.) se obtienen los mismos resultados y sólo al aumentar la concentración de $H^+$(ac), reaccionan Zn, Al, Fe y, en caliente, el Sn, según la reacción:

$$2\ M(s) + 2n\ H^+(ac) \xrightarrow{H_2O} 2\ M^{n+}(ac) + n\ H_2(g) \qquad (M = Na, Zn, Al, Fe, Sn\ \ n = 1, 2, 3)$$

Frente al oxígeno seco y a temperatura no muy superior a la del ambiente, sólo se observa la reacción con Na:

$$4\ Na(s) + O_2(g) \longrightarrow 2\ Na_2O(s)$$

y con Al, Zn, Fe y Sn, se observa un cambio de aspecto en la superficie de corte reciente, que pasa de brillante a mate.

Estos resultados confunden a los alumnos y les hace dudar de la bondad de sus razonamientos teóricos, ya que no es intuitivo suponer que una capa de óxido (resultado de la corrosión) sea la que actúa como protector de los metales (2).

## 2. ASPECTOS TERMODINÁMICOS

La termodinámica de los procesos de oxidación-reducción puede comprenderse con facilidad si se consideran los cambios de energía libre (ΔG) durante los procesos (3).

Se van a considerar dos casos:

- procesos espontáneos en las reacciones de oxidación-reducción, y
- fenómenos de corrosión con la temperatura.

### 2.1. Procesos espontáneos en las reacciones de oxidación reducción

La expresión que relaciona la variación de la energía libre con la fuerza electromotriz de una reacción es:

$$\Delta G = -n \cdot F \cdot E_{cel}$$

siendo $\Delta G$ la variación de energía libre de la reacción o proceso, $n$ el número de moles de electrones transferidos, $F$ la constante de Faraday (96485 C/mol $e^-$) y $E_{cel}$ la fuerza electromotriz. En el caso especial en que los reactivos y productos estén en sus condiciones estándar:

$$\Delta G^o = -n \cdot F \cdot E^o_{cel}$$

El principal criterio para saber si un proceso es espontáneo, es que $\Delta G < 0$. Como en las expresiones anteriores $n$ y $F$ son cantidades positivas, entones $E_{cel}$ y $E^o_{cel}$ tienen que tener valores positivos. Por tanto, predecir el sentido de un proceso espontáneo en una reacción redox es fácil:

- *Si* $E_{cel} > 0$, la reacción prevista tendrá lugar de forma espontánea. *Si* $E_{cel} < 0$, la reacción espontánea será la inversa a la prevista. *Si* $E_{cel} = 0$, la reacción estará en equilibrio.
- Si se invierte la reacción, $E_{cel}$ cambia su signo.

En el caso de que los reactivos y productos estén en sus estados estándar, se trabajará con los valores de $\Delta G^o$ y $E^o_{cel}$.

Para calcular los valores de $E_{cel}$ es necesario aplicar la ecuación de Nernst:

$$E_{cel} = E^o_{cel} - (0{,}0592 / n) \log Q$$

siendo, $Q$, *el cociente de reacción*, formulado para las condiciones reales, no estándar. Si un sistema se encuentra en equilibrio, $Q_c = K_c$, ó $Q_p = K_p$ , en general, $Q = K_{eq}$.

Volviendo a los casos descritos en el apartado anterior, se va a estudiar la reacción del Al frente al $H_2O$ (pH = 7). Lo primero que de debe calcular es $E_{cel}$ para estas condiciones:

$$2\ H^+(ac) + 2\ e^- \longrightarrow H_2(g) \qquad E^o_{cel} = 0\ V$$

aplicando la ecuación de Nernst:

$$E_{cel} = 0{,}0 - (0{,}0592 / n) \log ([H_2 / [H^+]^2) = - (0{,}0592 / 2) \log (1 / [H^+]^2) =$$

$$= 0{,}0592 \log [H^+]$$

$$\text{Si } [H+] = 10^{-7}\ M \quad \Rightarrow \quad E_{cel} = 0{,}0592 \log (10^{-7}) = -\ 0.413\ V$$

po lo que:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2 x / | $Al(s)$ | $\longrightarrow$ | $Al^{3+}(ac) + 3\ e^-$ | $E^o_1 = 1{,}66\ V$ |
| 3 x / | $2\ H^+(ac) + 2\ e^-$ | $\longrightarrow$ | $H_2(g)$ | $E_2 = -\ 0.41\ V$ |
| | $2\ Al(s) + 6\ H^+(ac)$ | $\longrightarrow$ | $2\ Al^{3+}(ac) + 3\ H_2(g)$ | $E = 1.25\ V$ |

y como E > 0 $\Rightarrow$ $\Delta G < 0$, por lo que, desde el punto de vista termodinámico, el proceso es exotérmico y, por tanto, espontáneo. Si se observa en el laboratorio que la reacción no tiene lugar, será debido a que el Al tiene su superficie cubierta por una monocapa de óxido que le protege del ataque de los oxidantes suaves y la concentración de H+ no es suficiente para iniciar la reacción:

$$Al_2O_3(s) + 3\ H^+(ac) \longrightarrow 2\ Al^{3+}(ac) + 3\ OH^-(ac)$$

(en el supuesto de que la monocapa de óxido tenga esa estequiometría) y lo mismo sucederá con los metales citados a excepción del Au (4).

**2.2. Fenómenos de corrosión con la temperatura**

Cuando un metal es calentado a temperatura elevada, se desprende la monocapa que le protege y en estas condiciones la reacción de oxidación (corrosión) se produce por reacción directa entre el metal y el oxígeno, y el resultado es la formación de óxidos. Si el metal es Ca y el gas $O_2$:

$$2\ Ca(s) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\ CaO(s)$$

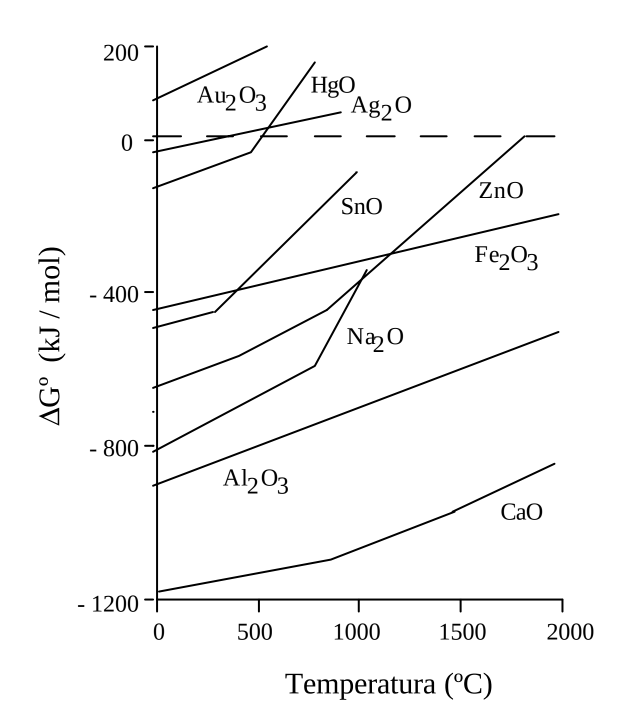



Figura 1. *Variación de la energía libre estándar con la temperatura para la formación de varios óxidos de metales*.

El denominado diagrama de Ellingham de la Figura 1 se comprende si se consideran los cambios de $\Delta G^o$ durante los procesos:

$$\Delta G^o = \Delta H^o - T\Delta S^o$$

donde $\Delta H^o$ representa el cambio de entalpía estándar y $\Delta S^o$ el de entropía estándar originada como consecuencia de la formación del óxido. Si estudiamos la reacción de formación del CaO, se ve que presenta tres secciones lineales con rupturas en el punto de fusión (838ºC) y en el punto de ebullición (1440ºC) del calcio. Si se considera que $\Delta H^o$ es constante, se tiene:

$$d(\Delta G^o) / dT = -\Delta S^o \quad (1)$$

Temp. < 838 ºC $\Rightarrow$ $\Delta S_1^o = [2\ S^o\ CaO(s)] - [2\ S^o\ Ca(s) + S^o\ O_2(g)] < 0$

838 ºC < Temp. < 1440 ºC $\Rightarrow$ $\Delta S_2^o = [2\ S^o\ CaO(s)] - [2\ S^o\ Ca(l) + S^o\ O_2(g)] < 0$

Temp. > 1440 ºC $\Rightarrow$ $\Delta S_3^o = [2\ S^o\ CaO(s)] - [2\ S^o\ Ca(g) + S^o\ O_2(g)] < 0$

y como Sº Ca(s) < Sº Ca(l) < Sº Ca(g) $\Rightarrow$ $\Delta S_1º > \Delta S_2º > \Delta S_3º$ que, de acuerdo con la expresión (1), en el diagrama, a las tres secciones les corresponde una pendiente positiva, siendo la pendiente mayor para la sección 3 (Temp. > 1440 ºC) que para la sección 2 (838 ºC < Temp. < 1440 ºC) y ésta que para la sección 1 (Temp. < 838 ºC). Como en el intervalo de temperatura comprendido entre el ambiente y la correspondiente al punto de fusión del Ca, $\Delta G^o$ es negativo, igual que para la mayor parte de los metales, podremos concluir que la reacción de oxidación a alta temperatura tiene siempre tendencia termodinámica natural a producirse y, desde el punto de vista cinético, tendrá lugar tanto más rápidamente cuanto mayor sea la temperatura de operación.

Así mismo, los cambios en $\Delta G^o$ disminuyen más rápido a temperaturas más altas y la estabilidad termodinámica del óxido disminuye con el incremento de temperatura.

Si aplicamos las leyes del equilibrio químico a una reacción general tal como:

$$2\,Me(s) + O_2(g) \rightleftarrows 2\,MeO(s)$$

$$K_p = \frac{1}{P_{O_2}}$$

Conceptualmente $P_{O2}$ es la presión de $O_2$ en equilibrio que desarrolla una mezcla de metal puro y su óxido, y se denomina presión parcial de disociación del óxido.

En el caso en que $P_{O2}$ sea superior a la presión parcial de $O_2$ del ambiente, el óxido deja de ser estable, y se descompone en metal y $O_2$. Y si la presión de $O_2$ externa es superior a $P_{O2}$ , el metal y el $O_2$ reaccionarán formando el óxido.

Por la posición del óxido de oro en el diagrama, se deduce que el oro no forma ninguna capa protectora, ya que el elemento es más estable que su óxido. También es estable frente a los oxidantes suaves, no es atacado por los ácidos, ni por el $O_2$ a ninguna temperatura y le disuelve el agua regia formando $H[AuCl_4]$.

## 3. RECUBRIMIENTO PROTECTOR

Cuando un metal es sometido a abrasión a temperatura ambiente, se rompe la película protectora de óxido, pero vuelve a formarse muy rápidamente sobre la superficie desnuda. Su crecimiento se detiene pronto, después de alcanzado un espesor entre 1 y 4 nm. De no producirse esta película protectora, el metal se consumiría totalmente en forma de óxido (en atmósfera seca de $O_2$), o de catión (en contacto con el agua pura, o con presencia de oxidantes como $H^+$, $NO_3^-$, $SO_4^{2-}$, etc). Debe ponerse de relieve que la propia existencia de un metal depende de la capa de óxido que se forma naturalmente.

Para remarcar la importancia de los factores cinéticos durante la oxidación de los metales, se van a considerar las primeras etapas de la combinación inicial del $O_2$ con el metal desnudo.

La reacción de una superficie desnuda con el $O_2$ es extremadamente rápida, aún a temperatura ambiente. Algunos experimentos a temperaturas muy bajas han mostrado que las ganancias de $O_2$ son proporcionales al logaritmo del tiempo de exposición.

La primera capa de moléculas de $O_2$ se adsorbe sobre la superficie del metal desnudo. Esas moléculas se disocian en átomos y se ionizan, aunque no necesariamente en este orden. Dicho proceso se conoce por quimisorción e implica una ionización. A través de la delgadísima película formada por los iones $O^{2-}$ que han adquirido $e^-$ de los átomos metálicos en la superficie, se crea un intenso campo eléctrico.

Al ser el potencial de oxidación del orden de 1 V y el espesor de la película de aproximadamente 1 nm, el campo eléctrico producido es de unos $10^7$ V/cm. Bajo este campo la película de óxido sigue creciendo y los iones metálicos son empujados a través de ella. Al hacerse más gruesa disminuye rápidamente el efecto del campo, que resulta insuficiente para posteriores crecimientos.

La velocidad de oxidación decrece muy pronto, a menos que la energía térmica presente sea lo bastante elevada para que haya un crecimiento continuo por difusión iónica bajo un gradiente de concentración en la película. El espesor final obtenido, a temperatura ambiente, es de 1 a 4 nm, que constituyen la gama de espesores habituales. Al cabo de un mes, poco más o menos, el crecimiento cesa prácticamente. Si sube la temperatura de oxidación aumenta el espesor final, pero el óxido nunca llegará a crecer demasiado en tanto que el crecimiento esté motivado por el campo eléctrico.

La corrosión en medio acuoso con formación de $H_2$ está en función de la facilidad con que se libera esta molécula de una superficie metálica, que es distinta para cada metal. Es poco probable que ión hidrógeno exista como $H^+$ en una disolución acuosa, donde se forma el ion $H^+$ hidratado, llamado ión hidronio $H_3O^+$. Este ión tiene que alcanzar la superficie del metal, por lo que el $H^+$ tendrá que separarse de las moléculas de agua de solvatación y combinarse con un $e^-$ para formar un átomo de hidrógeno, el cual tendrá que emigrar hasta combinarse con un segundo átomo o permanecer fijo hasta que un segundo protón se descargue en idéntico sitio. Entonces las moléculas $H_2$ deben formar una burbuja que finalmente se desprenderá.

Además, las muestras de los metales con las que realizan las prácticas los alumnos no han tenido ningún pretratamiento y, por lo tanto, está presente la monocapa de óxido sobre la superficie, lo que obliga a poner las condiciones mínimas para destruir esta capa antes de observar la reacción con el metal, lo que se traduce en un aumento de la concentración de $H^+$ respecto a la necesaria para reaccionar con el metal desnudo.

## 4. CONCLUSIONES

La reacción de los metales con agentes oxidantes, tanto en medio acuoso como en $O_2$ seco, es una buena oportunidad para que los alumnos vean la complejidad de los casos reales, y que muchas veces para interpretar los resultados, además de la reacción

principal prevista, hay que tener en cuenta otras reacciones que intervienen y pueden afectar a la principal.

La presencia de la capa de óxido que protege al metal distorsiona los resultados de la práctica respecto a los inicialmente esperados al considerar que el metal está desnudo.

**REFERENCIAS**


1. R.H. Petrucci, W. S. Harwood, *Química General, principios y aplicaciones modernas*, Ed. Prentice Hall, Madrid (1999).
2. P. Coca, J. Rosique, *Ciencia de los materiales. Teoría, ensayos y tratamientos*, Ed. Pirámide, Madrid (2000).
3. M. C. Andrade, S. Feliu, *Corrosión y protección de metálicas*, Consejo Superior de Investigaciones científicas, Madrid (1991).
4. J. E. Brady, *Química Básica, principios y estructura*, Ed. Limusa Wiley, México (1999).

# MATERIALES PARA LA ENSEÑANZA VIRTUAL DE LA QUÍMICA. UNA PRÁCTICA DE LABORATORIO

***Miguel Ángel Raso, Emilia Sánchez de la Blanca, Francisco Monroy, Carmen Barba***
Departamento de Química Física I, Facultad de Química
Universidad Complutense de Madrid, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid
marg@quim.ucm.es

*En este trabajo se propone la virtualización de la docencia práctica de la Química, como un sistema para conseguir un aprovechamiento más eficiente de los medios disponibles para la misma, junto con un mejor aprendizaje teórico y práctico por parte del alumno, haciendo que adquiera todos los conocimientos y habilidades necesarios para el desarrollo de la práctica antes de acceder al laboratorio. Para ello se presenta una práctica sencilla, al nivel de segundo de Bachillerato o primer curso de Universidad, y cómo se llevaría a cabo la virtualización adaptándola a la navegación por Internet.*

## 1. INTRODUCCIÓN

El estudio de la Química, como Ciencia experimental, requiere el aprendizaje de un conjunto de habilidades que sólo se pueden adquirir en el laboratorio. La docencia práctica es, pues, imprescindible en cualquier plan de estudios que incluya la Química como contenido fundamental. A eso puede añadirse la utilidad de la práctica de laboratorio para reforzar los contenidos teóricos, visualizar las ideas abstractas, y sugerir aplicaciones de la teoría al mundo real, lo que anima a aprender más sobre el tema tratado.

Ahora bien, mientras que la docencia teórica puede impartirse por el método tradicional, a un gran número de alumnos en unas instalaciones que son baratas y fáciles de mantener (con un material escaso) y requiere una proporción entre el número de profesores y el de alumnos baja, la docencia experimental precisa instalaciones complejas, material abundante y pocos alumnos por profesor. Esto hace que las asignaturas de contenido práctico sean escasas y presenten graves problemas para incorporar gran cantidad de contenido. Un problema adicional es el tiempo. El coste limita el número de instalaciones que se pueden poner en servicio, y el número de alumnos limita el tiempo que puede permanecer cada uno de ellos en el laboratorio. Esto hace que el contenido sea aún más restringido.

Para paliar este problema, se propone separar el aprendizaje práctico en dos fases: una de preparación para el laboratorio, en la que el alumno pueda asimilar el contenido teórico de la práctica, informarse sobre el manejo del instrumental, aprender el tratamiento de los datos experimentales, y ver y ensayar el procedimiento que llevará a cabo en el laboratorio, dejando así para la fase posterior, en el laboratorio

sólo el desarrollo material de la práctica. Esta preparación es el objeto del trabajo que se presenta.

## 2. PRÁCTICA PROPUESTA

La práctica que se presenta tiene tres objetivos inmediatos: El primer objetivo es el aprendizaje del manejo de técnicas instrumentales básicas, como son: pesada y preparación de disoluciones. El segundo es el refuerzo de los conocimientos adquiridos sobre Cinética Química. Y el tercer objetivo es hacer que el alumno se interese por la práctica presentándole un objetivo final atractivo: "medir moléculas".

La práctica consiste en la medida del área ocupada por una molécula de un ácido graso que forma una monocapa sobre la superficie del agua, partiendo de medidas de cinética de evaporación del agua.

La cinética de evaporación del agua es de orden cero respecto de la masa de agua (ec. 1), y de orden uno respecto a la superficie de agua. La medida de la masa de un recipiente con agua, en función del tiempo, da una línea recta en todos los casos, de la cual se obtiene la constante cinética de evaporación del agua.

$$m = m_0 - k' \cdot t \qquad [1]$$

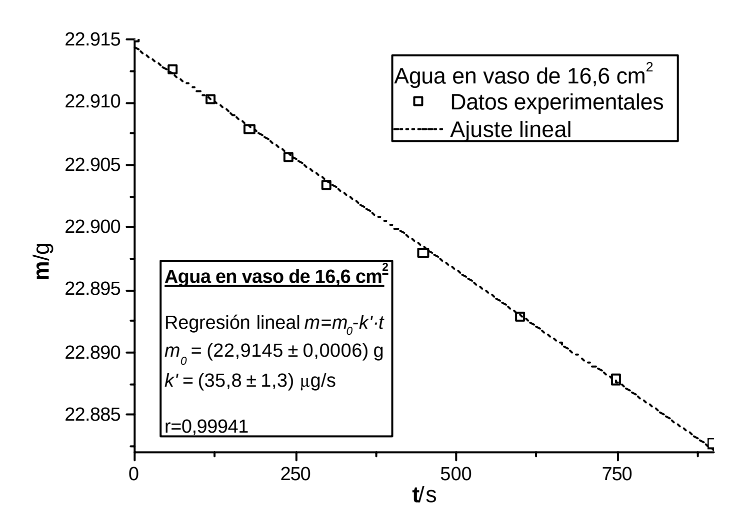



Figura 1. *Cinética de evaporación del agua.*

Usando recipientes de superficie conocida, de distintos tamaños, se comprueba que la relación entre la constante cinética y la superficie del recipiente es constante (siempre que el tamaño del recipiente sea suficiente como para que la influencia del menisco sea despreciable) (ec. 2). Esta influencia se puede comprobar en la Figura 2.

$$k' = k \cdot A \qquad [2]$$

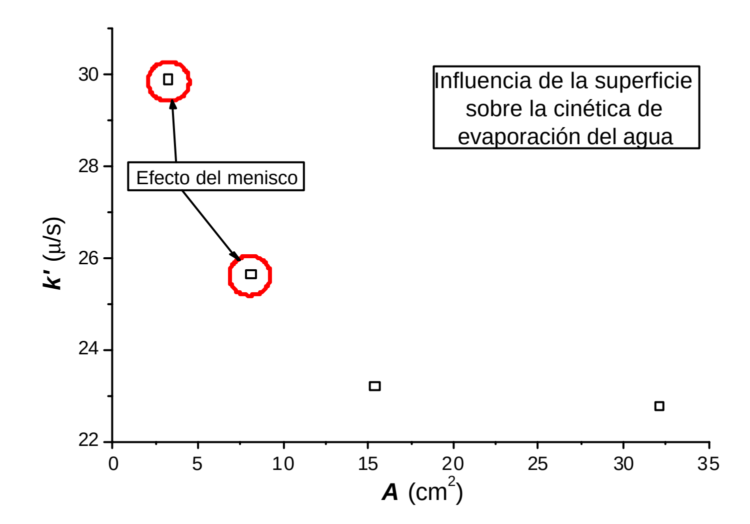



Figura 2. *Relación entre la velocidad de evaporación y la superficie.*

La deposición cuidadosa de una disolución de un ácido graso en cloroformo sobre el agua provoca que, tras la evaporación del disolvente, se forme una capa de moléculas de ácido graso sobre la superficie del agua (Figura 3), disminuyendo su velocidad de evaporación. Una vez que la superficie esté totalmente recubierta de ácido graso (Figura 4) la velocidad no varía aunque se siga añadiendo más ácido.

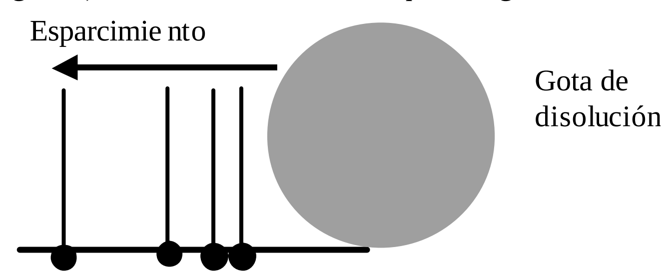



Figura 3. *Formación de una monocapa de material insoluble (1).*

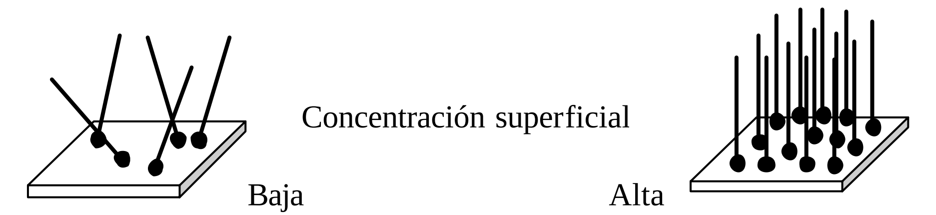



Figura 4. *Ordenación de la monocapa en función de la concentración superficial (1).*

Por lo tanto, haciendo medidas sucesivas de la velocidad de evaporación añadiendo cantidades conocidas de ácido graso, en el mismo recipiente, se podrá determinar la cantidad de ácido graso necesaria para recubrir completamente la superficie del agua. Conocida la cantidad de ácido y la superficie de agua recubierta, el cálculo del área ocupada por cada molécula es inmediato.

## 3. VIRTUALIZACIÓN

La generación de los materiales que el alumno utilizará para la preparación de la práctica supone tres niveles de complejidad creciente:

1. Redacción de material escrito:

a.- Fundamento teórico de la práctica, explicado para el nivel de conocimiento de los alumnos.

b.- Procedimiento experimental, incluyendo procedimientos normalizados de trabajo para la pesada, preparación de disoluciones y deposición de tensioactivos sobre agua.

c.- Tratamiento de los datos experimentales: procedimientos para el ajuste por mínimos cuadrados y tratamiento de errores.

2.- Filmación del desarrollo experimental de la práctica, donde se vean claramente los distintos pasos del procedimiento experimental, y se aprecie la manera de resolver las dificultades y errores más habituales. También puede incorporarse la filmación de casos en los que se ve la influencia de factores no deseados (menisco, etc.).

3.- Desarrollo de un conjunto de programas que permitan la simulación por ordenador de los distintos pasos del procedimiento experimental, de forma que el alumno pueda realizar la práctica en un ordenador, variando a su gusto los parámetros del problema (masa de agua, superficie del recipiente, molécula de ácido graso utilizada, concentración de la disolución y volumen de disolución depositado sobre el agua).

Por último, todo este material se puede reunir en una presentación de hipertexto (HTML o semejante), que permita su manejo, bien de forma individual, bien por Internet, en una página Web o a través de un "campus virtual". Esta última opción facilita la interacción entre el profesor y el alumno, de forma que el profesor controle el dominio que el alumno tiene de la práctica, e incluso decidir cuándo puede realizarla en el laboratorio.

## BIBLIOGRAFÍA

1. J. Bertrán, J. Núñez (coords.), *Química Física. vol. II. cap.48, pp.1188-1190.* Ed. Ariel, Barcelona (2002)

# LOS TRABAJOS PRÁCTICOS DE QUÍMICA EN LOS NIVELES INICIALES DE LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA: APLICACIÓN A UN PRIMER CURSO DE INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA

***Juan Antonio Llorens Molina, Ricardo López Rodríguez***
Escuela Técnica Superior del Medio Rural y Enología
Universidad Politécnica de Valencia, Avda. Vicente Blasco Ibáñez, 21
46010 Valencia (España). juallom2@qim.upv.es, rilopez@fis.upv.es

## 1. INTRODUCCIÓN

Si analizamos el papel de los trabajos prácticos en la educación científica a lo largo de las últimas décadas, observaremos que han estado orientados desde puntos de vista ampliamente divergentes, en consecuencia con las teorías educativas subyacentes. Su función en el aprendizaje ha sido objeto de numerosos análisis críticos. En ellos queda patente la debilidad, tanto de su enfoque como mera comprobación de conocimientos ya elaborados, como de los planteamientos inductivistas (1). Desde el comienzo de la década de los 80, la creciente influencia de las orientaciones constructivistas del aprendizaje ha dado lugar a una concepción del trabajo experimental cuyo principal rasgo sería, tal vez, el énfasis concedido a su integración dentro de un proceso de aprendizaje fundamentado en la resolución de problemas. Este proceso se caracterizaría por la incorporación de procesos característicos de la construcción del conocimiento científico (2).

Por otra parte, el actual proceso de cambio en que está inmerso el sistema universitario en la Unión Europea exige una profunda revisión de la naturaleza del trabajo experimental y de la metodología para desarrollarlo. En el documento: *Tuning Educational Structures in Europe* (3) queda claramente de manifiesto su concepción como un elemento sustancial e integrado en la adquisición de las competencias propias de todos aquellos perfiles profesionales relacionados en mayor o menor grado con el aprendizaje de la Química.

## 2. ALGUNOS PROBLEMAS RELATIVOS A LOS TRABAJOS PRÁCTICOS DE QUÍMICA EN EL PRIMER CURSO DE LAS CARRERAS CIENTÍFICO-TÉCNICAS

Desde nuestro diagnóstico de la situación real con la que nos encontramos en nuestro primer curso de ingeniería técnica agrícola, hemos de referirnos a un conjunto de problemas que probablemente puedan ser bastante generalizables al conjunto de nuestro sistema universitario. Además de los relacionados con aspectos organizativos de los Centros y con las características generales del sistema educativo (condiciones de acceso a la Universidad, por ejemplo), consideramos especialmente relevantes, por la posibilidad de incidir en ellos a través de propuestas didácticas, los siguientes:

• **Actitudes del alumnado hacia las prácticas de laboratorio.**

Es posible que estemos inmersos todavía -y, tal vez, más de lo que creemos- en una cultura educativa en la que el laboratorio sigue siendo un complemento más o menos lúdico del aprendizaje. Puede, quizás, que en la enseñanza universitaria la componente lúdica ya no sea tan importante y se ponga más el acento en ese carácter complementario, basado en la adquisición sin más de métodos y destrezas a partir de la aplicación rutinaria de procedimientos a modo de receta. Estos problemas son un importante obstáculo para la introducción de innovaciones (4)

• **La integración del trabajo experimental en el conjunto de la asignatura.**

Uno de los problemas tradicionales, y muy tratado en la bibliografía, es lo que suele denominarse "ruido" cuando se desarrolla una sesión de laboratorio. Si analizamos objetivamente el flujo de información que se dirige a un alumno en una clase de prácticas, tanto cuantitativa como cualitativamente, podríamos explicarnos la baja rentabilidad educativa que, en ocasiones, tiene este tipo de tareas. Es realmente inconcebible, en un enfoque de las prácticas como actividades paralelas e independientes del desarrollo del temario, que a lo largo de una sesion ordinaria de dos o tres horas un alumno deba ser capaz, no solo de comprender el objetivo fundamental de la práctica y el sentido y utilidad de cada una de las operaciones que lleva a cabo, sino incorporar todo un cúmulo de información diversa, más o menos relevante y, muchas veces, dispersa: recomendaciones de seguridad, normas para el manejo de instrumentos, comentarios y aclaraciones, etc.

Es evidente entonces que en ese espacio de tiempo al que denominamos prácticas de laboratorio, llega a la mente del alumno una avalancha tal de información que oscurece, cuando no distorsiona, todo aquello que realmente constituye, en cuanto a su contribución al aprendizaje, el objetivo del trabajo.

Sin embargo, disminuir este "ruido" para aumentar la percepción de la "señal" es un objetivo previo a la posibilidad de introducir un enfoque constructivista de las prácticas de laboratorio. Son numerosas las aportaciones de la literatura sobre investigación didáctica que sugieren ideas e iniciativas para lograr este objetivo. Unas se refieren a las actitudes e implicación de los estudiantes (5), otras están más centradas en relación entre el conocimiento teórico y la experimentación (6,7). Muchos autores coinciden también en la importancia de las instrucciones escritas (8) así como del tipo de informe o memoria que se solicita a los alumnos dentro de una estrategia global de desarrollo de las habilidades lingüisticas a través del curriculum (9-11).

• **Nececidad de introducir métodos y estrategias coherentes de evaluación.**

Por último, hemos de hacer referencia al problema de la evaluación. Creemos que, en ocasiones, desde la práctica cotidiana, el carácter complementario y a veces marginal del trabajo de laboratorio es reforzado por criterios de evaluación según los cuales la valoración de las actividades realizadas en el laboratorio no supone una

contribución sustancial a la calificación final. Al mismo tiempo, la evaluación formativa apenas si se considera, ya que unas actividades prácticas fragmentadas, independientes y paralelas al desarrollo del curso, no pueden crear muchas oportunidades de realimentación.

En este terreno, ya hace tiempo que se han realizado esfuerzos desde la investigación didáctica para lograr una evaluación de los trabajos prácticos más completa y más favorecedora del aprendizaje. Así, por ejemplo, se han desarrollado métodos de observación para evaluar la actividad experimental en sí misma. Ello se refiere principalmente a todo lo que respecta a las habilidades manipulativas y a la aplicación correcta de los métodos experimentales, no solamente a su influencia en el resto de aprendizajes (12). También ha ido adquiriendo una importancia progresiva la integración de la evaluación del trabajo experimental dentro de lo que viene denominándose "portafolio" del estudiante (13,14)

## 3. CARACTERÍSTICAS DE NUESTRA PROPUESTA

Nuestra propuesta de trabajo queda concretada en todos sus detalles en el material anexo que ofrecemos al presentar esta comunicación y se caracteriza principalmente por las siguientes opciones:

- Los trabajos prácticos tienen sentido en relación al conjunto de aprendizajes del curso. Esta relación no es tanto una concordancia temática sino una integración en un único conjunto de actividades con un hilo conductor común. El curso al que hacemos referencia (Química General en el primer curso de Mecanización Agraria y Construcciones Rurales, de 4,5 créditos) tiene dos objetivos básicos:

1. Interpretar las propiedades macroscópicas de los materiales a partir de aspectos de la estructura atómico-molecular.

2. Proporcionar una visión integrada de la reacción química, referida a los intercambios materiales y energéticos, incorporando un tratamiento unitario de los equilibrios químicos.

- Los métodos y técnicas de trabajo no se incorporan como una finalidad en sí misma, sino como instrumentos para resolver problemas que puedan tener sentido para el alumno.

- La sesión semanal de prácticas es solamente un espacio más dentro de una secuencia de actividades que se desarrollan a través de seminarios, tutorías colectivas y trabajos complementarios elaborados en pequeños grupos.

- La tendencia metodológica en la que se inspira el planteamiento de las prácticas pretende aproximarse, en la medida de lo posible, a un tratamiento análogo al de la resolución de problemas. En realidad, muchas prácticas de laboratorio pueden enfocarse como problemas cuya resolución requiere medios de carácter experimental, además de los matemáticos. Este enfoque implica la incorporación de procesos caracteristicos de la metodología científica: identificación y delimitación de problemas, formulación de hipótesis, etc.

• Las actividades experimentales deben dar lugar a un documento escrito (cuaderno de laboratorio) que debe reunir todas las observaciones, dudas, reflexiones teóricas, orientaciones del profesorado. La evaluación de este material también forma parte de la evaluación general del curso.

## 4. CARACTERÍSTICAS DEL TRABAJO EXPERIMENTAL PROPUESTO.

### 4.1. Hilo conductor del trabajo experimental

Las actividades experimentales que proponemos giran en torno a los siguientes problemas, relacionados entre sí:

- Relación entre la composición de una aleación (acero) y sus propiedades.
- La corrosión, analizando las formas alternativas de protección, prestando especial atención a la protección catódica por su fundamentación electroquímica.
- La aplicación de los polímeros como materiales alternativos (Kevlar, por ejemplo) y la extensión de su estudio a algunas reacciones de síntesis de polímeros, así como a algunos métodos sencillos para su identificación.

### 4.2. Contenido de las sesiones de trabajo en el laboratorio

El trabajo en el laboratorio se realiza a través de siete sesiones semanales de dos horas. Éstas son:

a.- Manejo de datos experimentales. Cálculos básicos.

En esta sesión se realiza una revisión de los cálculos relacionados con la preparación de disoluciones, incidiendo en los cambios de unidades. También se plantea en ella el ajuste por mínimos cuadrados.

b.- Descripción de las instalaciones del laboratorio y de las normas de seguridad. Manejo de la balanza y el material volumétrico.

Se pretende familiarizar al alumnado con el laboratorio y sus instalaciones, incidiendo sobre todo en las principales normas de seguridad: localización de extintores, botiquín, eliminación de residuos, etc. También se practica el manejo de probetas, pipetas, buretas y matraces aforados, así como de las balanzas.

c.- Preparación y normalización de disoluciones.

Se lleva a cabo la normalización del $KMnO_4$ con oxalato potásico como patrón primario, y la posterior preparación de disoluciones patrón que servirán para obtener, en la sesión siguiente, la curva de calibrado con el espectrofotómetro.

d.- Determinación del Mn en aceros por un método espectrofotométrico. Factores que afectan a la corrosión del acero.

La primera parte de la sesión se dedica a la oxidación de una muestra de acero (grapas, por ejemplo) y la determinación de su contenido en Mn, como Mn(VII), mediante la lectura de la absorbancia de la disolución obtenida a 525 nm. A partir de la curva de calibrado se obtiene su concentración y, mediante los cálculos pertinentes, el % de Mn en la muestra. Durante el desarrollo de la sesión se lleva a cabo atención

la preparación del experimento acerca de los factores que afectan a la corrosión del acero, concretamente, la influencia del oxígeno disuelto en el agua y el pH del medio.

e.- Determinación potenciométrica del pH.

Dado que uno de los factores que se estudian es la acidez del medio, se introduce el empleo del pHmetro y se aplica a la medida del pH en los diferentes sistemas investigados. En función del tiempo disponible, para practicar el manejo de este instrumento, puede determinarse también la graduación de un vinagre comercial.

f.- Naturaleza electroquímica de la corrosión. Protección catódica.

Este trabajo experimental se basa en la identificación de las áreas anódicas y catódicas de una pieza de acero sometida a tensiones mecánicas (doblado y rayado) y unidas a metales más o menos activos (cinc y cobre). Posteriormente se discute una breve demostración experimental sobre la protección catódica.

g.- Síntesis y reconocimiento de polímeros. Manejo de modelos moleculares.

Esta sesión tiene como punto de partida la consideración de los polímeros como material alternativo al acero, a través del análisis de un documento acerca del Kevlar. La sesión de laboratorio consta de un conjunto de pequeñas manipulaciones: despolimerización y repolimerización del polimetilmetacrilato, obtención del nilón y de una resina de urea-formaldehído, identificación de polímeros por la forma de combustión y reconocimiento del PVC mediante el test de Beilstein. La práctica se combina, voluntariamente, en horario de tutoría, con la representación mediante modelos moleculares de algunos ejemplos de reacciones de adición y condensación.

### 4.3. Actividades asociadas a las prácticas

Las prácticasse complementan con otras actividades, como son:

a. Seminarios

Para coordinar y fundamentar adecuadamente las prácticas en el contexto del curso, se realizan tres seminarios basados en actividades tutorizadas:

a) Espectrofotometría UV-visible.

b) Revisión de los conceptos de ácido-base y cálculos sencillos sobre el pH de disoluciones.

c) Revisión de los conceptos de oxidación-reducción y su aplicación a las pilas galvánicas, estableciendo la escala de potenciales de reducción.

Estos seminarios constan de un programa de actividades asociadas a una presentación en diapositivas mediante la aplicación *power-point* que es trabajada individualmente y discutida en una sesión de dos horas.

b. Trabajos monográficos en pequeños grupos

Consisten en una búsqueda bibliográfica, un informe y un resumen del mismo. Los temas tratados pretenden establecer los problemas sobre los que se introducen algunas prácticas y son:

- Naturaleza de las aleaciones y composición de los aceros. Influencia de determinados metales como el Mn. La corrosión del acero: naturaleza electroquímica e impacto económico.
- Polímeros y agricultura. El objetivo es la descripción de las principales áreas de utilización de los polímeros en agricultura, especialmente, en lo que respecta a su aplicación en cubiertas de invernaderos.

**4.4. La evaluación del trabajo experimental**

La calificación global del curso se distribuye así: un 55 % a los conocimientos teóricos y problemas, un 20 % a los trabajos monográficos en grupo y un 25 % al conjunto de las actividades relacionadas con las prácticas de laboratorio, según la siguiente distribución:

- 5 % a la media de las calificaciones obtenidas en un test previo realizado por los grupos de prácticas, al principio de cada sesión, sobre conocimientos previos requeridos.
- 5 % a la estructura y elaboración del cuaderno, según un conjunto de criterios de calidad que se hace público a principio del curso. Del cuaderno de laboratorio se realiza una evaluación intermedia con finalidad formativa.
- 10 % a la puntuación de un examen sobre cuestiones de razonamiento experimental en el que pueden consultar el cuaderno de laboratorio. A través de estas cuestiones se pretende incidir en los aspectos característicos de la metodología científica que han resultado más explícitos durante el desarrollo de las prácticas.
- 5 % Presentación en *power-point* de una práctica y exposición de la misma.

**5. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS**

A partir de los resultados obtenidos el presente curso mediante la aplicación de un cuestionario, se aprecia un elevado grado de satisfacción con el contenido de las prácticas que no concuerda con el rendimiento académico, inferior al del resto de contenidos. Por otra parte, una evaluación más adecuada del trabajo experimental requeriría incorporar la manipulación en sí y no tan sólo su posible efecto en la adquisición de conceptos. Ello podría lograrse a través de un examen basado en la resolución de un problema experimental relacionado con las prácticas o bien mediante métodos de observación. Ambas alternativas tropiezan con importantes limitaciones de carácter organizativo: tiempo disponible y personal dedicado a la supervisión de las prácticas (actualmente las dirige exclusivamente el profesor con grupos de 20-25 alumnos distribuidos en parejas).

Las evaluaciones iniciales de cada práctica presentan rendimientos muy bajos o, lo que es lo mismo: el alumnado llega al laboratorio generalmente sin haber preparado el trabajo. Posiblemente, deban modificarse los criterios de calificación correspondientes a estas pruebas en el sentido de darles un carácter eliminatorio y no simplemente una contribución del 5 %.

También parece necesario avanzar hacia una organización más flexible del tiempo asignado al laboratorio, para favorecer la integración del trabajo experimental en el resto de contenidos del curso concretamente, tanto para favorecer la participación del alumnado en el diseño de los exprimentos, como para aumentar la comprensión de sus fundamentos teóricos.

**BIBLIOGRAFÍA**

1. M. Miguens, R.M. Garrett, *Enseñanza de las Ciencias*, **1991**, Vol.9, nº 3, 229-236.
2. T.W. Shiland, *J. Chem. Ed.*, **1999,** Vol. 76, 107.
3. Mitchell, Whewell, *Chemistry Subject Area Group: The Chemistry "Eurobachelor".* En: *Tuning Educational Structures in Europe.* Comisión Europea de Educación y Cultura, 111-123 (2003).
4. M.J. Insausti, *Enseñanza de las Ciencias,* **1997,** Vol. 15, nº 1, 123-130.
5. D. Olney, *J. Chem. Ed.*, **1997**, Vol. 74, 1343.
6. M.S. Byrne, *Ed. Chem.*, **1990,** Vol. 27, nº 1, 12-13.
7. M.G. Seré, *Enseñanza de las Ciencias,* **2002,** Vol. 20, nº 3, 357-368.
8. A.H. Johnstone, K.M. Letton, *Ed. Chem.*, **1990,** Vol. 27, nº 1, 9-11.
9. J.P. Lowe, *J. Chem. Ed.*, **2001,** Vol. 78, 1185.
10. L. Tilstra, *J. Chem. Ed.*, **2001,** Vol. 78, 762.
11. R.J. Whelan, R.N. Zare, *J. Chem. Ed.*, **2003,** Vol. 80, 904-906.
12. J.A. Shymansky, J.E. Penick, *Sci. Ed.*, **1979,** Vol. 63, nº 2, 195-203.
13. C.F. Adamchik, *J. Chem. Ed.*, **1996,** Vol. 73, 528.
14. A. Phelps *et al.*, *J. Chem. Ed.*, **1997,** Vol. 74, 528.

# EL PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES. APLICACIÓN A LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE MONOCRISTALES Y POLVOS POLICRISTALINOS

***Garikoitz Beobide, Óscar Castillo, Pascual Román***
Departamento de Química Inorgánica, Facultad de Ciencia y Tecnología
Universidad del País Vasco. Apartado 644, 48080 Bilbao. pascual.roman@ehu.es

*Con ocasión del Año Internacional de la Física, se presenta un método sencillo y práctico para determinar la densidad de sólidos y líquidos, basado en el principio de Arquímedes. El método, que se emplea en docencia e investigación universitarias, sirve para determinar la densidad de los sólidos en forma de monocristales y se ha extendido a los que se presentan como polvos policristalinos. También permite medir las densidades de líquidos con una gran precisión. En realidad, se trata de una práctica de Física a microescala, que puede realizarse en cualquier laboratorio dotado de una balanza de precisión. En este caso se aplica a la medida de la densidad de la sal común, el azúcar y el bicarbonato de sodio.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde la década de los años 1980 (1), nuestro grupo viene empleando un método sencillo y práctico, en la docencia e investigación universitarias, para la determinación de la densidad de sólidos y líquidos en pequeñas cantidades. El método está basado en el principio de Arquímedes (Siracusa, actual Italia, *ca* 287 a.C. - Siracusa., 212 a.C.), sin duda, el mayor matemático, físico, ingeniero e inventor de la antigüedad (2). Con el fin de contribuir al Año Internacional de la Física, se pretende en esta ocasión compartir el método que nuestro grupo de Química Inorgánica emplea desde hace más de veinte años, con los profesores de Física y Química de todos los niveles educativos, por su sencillez rapidez, y facilidad de aplicación en cualquier laboratorio dotado de una balanza de precisión y unos accesorios de bajo coste. Para esta ocasión, se han seleccionado unos productos químicos en estado sólido fáciles de conseguir, puesto que se encuentran en la cocina de todas las casas, y son de consumo habitual. Se trata de la sal común o de mesa (NaCl), azúcar o sacarosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) y bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$). Además, se miden dos disoluciones de $CuSO_4$ cuyas densidades son: 1,053 y 1,055 g/cm$^3$, que se emplean para conocer la densidad de la sangre en mujeres y hombres, respectivamente.

## 2. EL MÉTODO

El principio de Arquímedes afirma que “todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical y hacia arriba igual al peso de fluido desalojado” (3).

El procedimiento empleado es el siguiente: se pesa una bola de acero galvanizado (antes se utilizaba una bola de vidrio llena de mercurio) en tres fluidos distintos: aire, agua y una mezcla de líquidos miscibles en la que flota la muestra y no se disuelve.

Cuando se realiza cada pesada, la bola está en equilibrio estático (Ecs. 1 y 2)

$$\sum \vec{F} = 0 \qquad (1)$$

$$\vec{W}_{real} + \vec{E} + \vec{T} = 0 \Rightarrow \vec{W}_{real} = \vec{E} + \vec{T} \qquad (2)$$

Sobre la bola actúan tres fuerzas:

a) la que ejerce la balanza (T, hacia arriba),

b) la que ejerce el fluido en el que está sumergida la bola (E, hacia arriba), y

c) el peso real de la bola ($W_{real}$, hacia abajo).

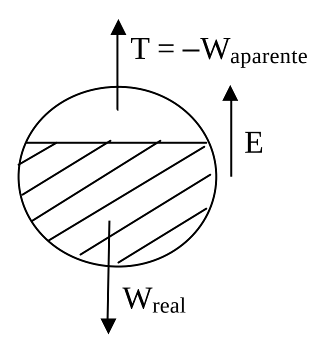



Figura 1. *Fuerzas que operan sobre la bola sumergida en un fluido.*

La bola se pesa en:

**2.1. Aire** (Ec. 3)

$$W_a + E_a = W_r \rightarrow W_a + D_a V g = W_r \qquad (3)$$

V = volumen de la bola ($cm^3$); g = 9,8 $m/s^2$; $W_a$ = peso de la bola en el aire; y $D_a$ = densidad del aire.

**2.2. Agua** (Ec. 4)

$$W_r + E = W_r \rightarrow W_w + D_w V g = W_r \qquad (4)$$

$W_w$ = peso de la bola en el agua y $D_w$ = densidad del agua.

De estas pesadas se pueden obtener el peso real de la bola y su volumen (Ecs. 5 y 6):

$$W_r = \frac{W_a D_w - W_w D_a}{D_w - D_a} \qquad (5)$$

$$V = \frac{W_a - W_w}{g(D_w - D_a)} \qquad (6)$$

Si ahora se pesa la bola sumergida en un fluido de densidad desconocida, se puede obtener su densidad.

**2.3. Mezcla de líquidos (igual a la densidad del sólido)** (Ecs. 7 y 8).

Para aplicar el método de Arquímedes se ha de lograr que la muestra flote en la mezcla de líquidos. En el punto de equilibrio, la densidad de la mezcla iguala a la del sólido objeto de estudio.

$$W_m + E_m = W_r \rightarrow W_m + D_m V g = W_r \qquad (7)$$

$W_m$ = peso de la bola en la mezcla de líquidos y $D_m$ = densidad de la mezcla de líquidos.

$$D_m = \frac{W_r - W_m}{gV} \qquad (8)$$

Sustituyendo las ecuaciones 5 y 6 en la expresión 8, se tiene la expresión 9:

$$D_m = \frac{W_a - W_m}{W_a - W_w} D_w + \frac{W_m - W_w}{W_a - W_w} D_a \qquad (9)$$

Como $D_a << D_w$, $D_a$ [(1 bar y 300 K)] = 1,161 g/L y $D_w$ (20 ºC) = 998,2063 g/dm$^3$ y $|W_m - W_w| \sim |W_a - W_m|$, siendo el segundo factor mucho menor que 1/857 (error = 0,001163). Este es un error positivo sobre el resultado final. Por tanto, se tiene la expresión:

$$D_m = \frac{W_a - W_m}{W_a - W_w} D_w \qquad (10)$$

Si no es necesaria tanta precisión, se puede eliminar el segundo factor y además, realizar una segunda aproximación ya que si se considera que $D_w$ (20 ºC) = 1,000 g/cm$^3$, el error cometido es de 0,0018. Este es un error positivo sobre el resultado final. Así, se llega a la expresión 11:

$$D_m = \frac{W_a - W_m}{W_a - W_w} \qquad (11)$$

En definitiva, si se considera la expresión 11, la determinación de la densidad del sólido (monocristal o polvo policristalino) que se quería conocer se reduce a hacer tres pesadas de la bola en la balanza analítica de precisión.

## 3. MATERIALES Y REACTIVOS

Para aplicar el principio de Arquímedes y los otros métodos se precisan los siguientes materiales y reactivos:

**-** Materiales

• 1 pieza de madera de 160 x 60 x 4 mm • 2 piezas de madera de 60 x 30 x 25 mm • Accesorio para hacer pastillas en un equipo espectrospía infrarroja • Accesorio para medir densidades (para balanza de precisión *Sartorius* modelo R200D) • Balanza analítica de precisión (*Sartorius* modelo R200D) • Bola de acero galvanizado • Bola de vidrio macizo • Calibre • Espátula • Hilo de cobre • Mano de mortero • Mortero •

Pesasustancias • Pinzas • Pipeta • Probeta graduada de 15 ml • Termómetro • Tubos de ensayo • Varilla de vidrio maciza (agitador) • Vasos de precipitados • Vidrio de reloj.

Reactivos

Acetona ($CH_3COCH_3$; D = 0,790 g/ $cm^3$) • Agua destilada • Azúcar (Sacarosa) • Bicarbonato de sodio • Dibromometano ($CH_2Br_2$; D = 2.18 g/ $cm^3$) • Etanol ($CH_3CH_2OH$; D = 0,789 g/ $cm^3$) • Sal común o de mesa (Cloruro de sodio) • Sulfato de cobre(II) (*Diagnostic Grifols*, S.A Ref. 216741, D = 1,053 g/$cm^3$. Ref. 216742, D = 1,055 g/$cm^3$ ) • Tetracloruro de carbono ($CCl_4$; D = 2,18 g/ $cm^3$)

## 4. LA MEDIDA

Para determinar la densidad de un sólido en forma de monocristal o de polvo policristalino, por el método de Arquímedes o de flotación, es preciso realizar tres pesadas de la bola en aire, agua y en la mezcla de líquidos miscibles cuya densidad iguala a la del sólido objeto de medida. Para ello, se dispone la probeta en la balanza de precisión como se indica en la Figura 2. Tras las pesadas, se aplica la ecuación 11. Es conveniente realizar varias medidas, enrasando hasta la misma marca de la probeta graduada los diferentes líquidos y de esta manera se puede obtener la desviación estándar de la densidad del sólido.

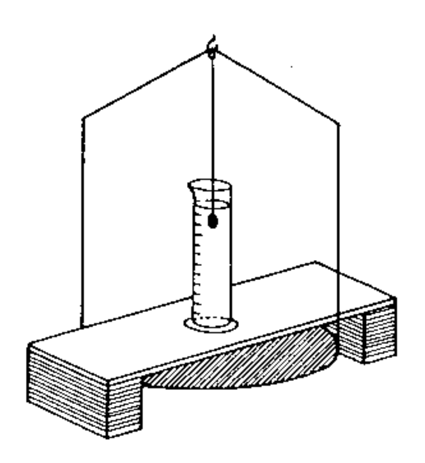




Figura 2. *Esquema de la balanza y balanza usada para determinar* $W_a$, $W_w$ *y* $W_m$.

## 5. EJEMPLOS

### 5.1. Sólidos

Para determinar la densidad de los sólidos en forma de monocristal y polvo policristalino se han seleccionado azúcar, sal de mesa y bicarbonato de sodio (ver

Figura 3). En el segundo caso, se hace una pastilla con el polvo finamente dividido, con un mortero, con los accesorios empleados en la preparación de las pastillas usadas en el infrarrojo. De la pastilla se separa una pequeña porción del tamaño de un monocristal con una cuchilla.

Con fines comparativos se han realizado medidas de la densidad de los mismos sólidos por otros métodos con el fin de establecer su comparación.



Figura 3. *Compuestos sólidos utilizados en la determinación de su densidad.*

En la tabla 1 se recogen los resultados obtenidos por el método de Arquímedes o flotación para los compuestos azúcar, sal de mesa y bicarbonato de sodio en forma de monocristal y polvo policristalino, junto con otros métodos ensayados con fines comparativos.

Tabla 1. *Comparación de los resultados obtenidos por el método de flotación para la densidad de los sólidos en forma de monocristal y de polvo policristalino y otros métodos.*

| **Método** | **Compuesto** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Azúcar / Sacarosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) | | Sal común o de mesa (NaCl) | | Bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$) | |
| | $D_{exp}$ | Error (%) | $D_{exp}$ | Error (%) | $D_{exp}$ | Error (%) |
| Medida en probeta | 1,05 | 33,84 | 1,51 | 30,25 | 1,49 | 31,02 |
| Pastilla prensada. Medición geométrica | 1,407 | 11,34 | 2,002 | 7,53 | 2,008 | 7,03 |
| Pastilla de polvo policristalino. Flotación | 1,586(4) | 0,06 | 2,167(5) | 0,09 | 2,150(6) | 0,46 |
| Monocristal. Flotación | 1,594(2) | 0,13 | 2,160(6) | 0,23 | 2,158(5) | 0,09 |
| Densímetro | 1,550 | 2,33 | 2,156 | 0,42 | 2,170 | 0,46 |
| Densidad teórica | 1,587 | | 2,165 | 2,16 | 2,16 | |

Error = $|[(D_{exp}-D_{teor})/D_{teor}] \cdot 100|$

Para obtener el producto en su forma policristalina (polvo) se ha realizado una molienda, empleando un mortero, con el fin de obtener un tamaño de partícula de grano fino y poder lograr una mejor compactación de la muestra en las medidas. Las pastillas se han preparado a partir del polvo del producto, utilizando una prensa hidráulica y aplicando una presión de 10 bares.

A continuación, se describen los diferentes métodos de medición empleados:

**Medida en probeta.** Este método consiste en el llenado de una probeta con la muestra en su forma policristalina molida hasta un determinado nivel de referencia. Se compacta la muestra con un émbolo y posteriormente se pesa. Empleando la ecuación D = M/V (D = densidad ($g/cm^3$), M = masa (g), V = volumen ($cm^3$)) puede hallarse fácilmente un valor aproximado de la densidad. Se observa que los resultados muestran una gran desviación respecto al valor real de la muestra.

**Medida en pastilla.** Para aplicar este método se prepara una pastilla de la muestra policristalina empleando una prensa hidráulica a una presión de 10 bares de un peso y grosor suficientes. A continuación, se miden las dimensiones de la pastilla empleando un calibre lo que ha permitido calcular su volumen. Después de pesar la pastilla se determina su densidad empleando la misma relación que en el método anterior.

**Método de Arquímedes o de flotación.** El método, que se ha detallado anteriormente, se aplica tanto a un monocristal como a una esquirla de una pastilla prensada del producto en su forma pulverulenta ("falso monocristal").

**Método del densímetro** permite realizar rápidamente y con una precisión aceptable la medida de densidad de sólidos o de líquidos. Sin embargo, una de sus limitaciones es que se necesita una cantidad considerable de muestra y el accesorio apropiado. En este caso, se han realizado las medidas de una pastilla preparada a partir del polvo policristalino.

**5.2. Líquidos**

Para determinar la densidad de los líquidos por el método de Arquímedes es preciso realizar las mismas tres pesadas de la bola en aire, agua y en el líquido cuya densidad se desea conocer, de igual modo que en el caso del sólido. Las disoluciones elegidas son dos disoluciones acuosas de sulfato de cobre(II) de densidades conocidas cuyos valores son 1,053 y 1,055 $g/cm^3$, respectivamente (Figura 4). Estas disoluciones se emplean en los equipos de donación de sangre para realizar un test preliminar con una gota de sangre del donante. Ésta depende del número y morfología de los hematíes o glóbulos rojos, de su contenido en hemoglobina (Hb) y de las proteínas plasmáticas. Mediante una serie de concentraciones de la solución de sulfato de cobre(II), se puede determinar la densidad total de la sangre y estimar la concentración de Hb en sangre, para discriminar donantes y proceder a la extracción. Al dejar caer una gota de sangre en una solución de de sulfato de cobre(II), la gota queda rodeada por una membrana de proteinato de cobre(II) que la aísla de la solución. Cuando la gota flota sobre la solución de sulfato de cobre(II) la concentración de Hb es menor que la de la tabla 3 y el donante es rechazado. Las disoluciones empleadas para

mujeres y hombres son de 1,053 y 1,055 g/cm$^3$, respectivamente. En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos para las densidades de las dos soluciones de sulfato de cobre(II) y sus errores comparados con los valores facilitados por el fabricante y la concentración aproximada de hemoglobina.



Figura 4. *Soluciones de sulfato de cobre(II) de densidades 1,053 y 1,055 g/cm$^3$.*

La bola empleada en estas medidas es de vidrio macizo, ya que la bola de acero galvanizado es atacada por las disoluciones de sulfato de cobre(II).

Tabla 2. *Comparación de los resultados obtenidos para la densidad de líquidos (Disoluciones acuosas de $CuSO_4$ de densidades 1,053 y 1,055 g/cm$^3$ a 25 °C)*

| Disoluciones | $D_{exp}$ (g/cm$^3$) | Error (%) | $D_{teor}$ (g/cm$^3$) | Concentración aprox. Hb (g/dl) |
|---|---|---|---|---|
| Mujer | 1,0530(1) | 0,00 | 1.053 | 12,5 |
| Hombre | 1,0550(1) | 0,00 | 1.055 | 13,5 |

**6. CONCLUSIONES**

De los resultados obtenidos de los métodos expuestos para la determinación de la densidad de sólidos y líquidos se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. El método de Arquímedes es el más sencillo, económico, rápido, respetuoso con el medio ambiente y preciso de los métodos estudiados. El error en la medida de la densidad de la esquirla de polvo cristalino se halla entre 0,06 y 0,46%, mientras que el del monocristal está comprendido entre 0,09 y 0,23%. El método de la probeta es el más impreciso y el que requiere más muestra. No es recomendable. El procedimiento de la pastilla prensada y pesada da un error entre 7,03 y 11,34%. Es poco preciso. El densímetro da errores aceptables, pero se requiere gran cantidad de muestra.

2. El método de Arquímedes puede ser aplicado a un gran número de compuestos tanto orgánicos como inorgánicos en forma de monocristal o de polvo policristalino.

3. Los disolventes más apropiados tienen su densidad comprendida entre D = 0,69 g/cm$^3$ para el isooctano y D = 3,32 g/cm$^3$ para el yoduro de metileno, y entre D = 1,20 g/cm$^3$ para una solución acuosa de NaCl y D = 4,3 g/cm$^3$ para el formiato-malonato de talio(I).

4. La volatilidad de los disolventes no afecta sustancialmente a la medida de densidad.

5. Las mezclas de disolventes se pueden guardar para realizar nuevas medidas. Se pueden usar disolventes impurificados con tal de que las muestras sean insolubles en ellos.

6. El método de flotación sólo requiere dos o tres monocristales o un poco de polvo para hacer la pastilla. Los demás requieren más cantidad de muestra y son menos precisos.

7. Se ha comprobado que hay muy pocas diferencias en la determinación de la densidad utilizando las ecuaciones 9, 10 y 11.

8. Los monocristales se pueden recuperar después de ser lavados y secados para otros usos. El procedimiento es no destructivo y constituye un buen ejemplo de práctica a nivel de microescala y de respeto al medio ambiente. Al final de la práctica se pueden recuperar todos los productos objeto de estudio y los disolventes.

9. Los resultados obtenidos por el método de Arquímedes para la determinación de la densidad en líquidos son excelentes como se puede apreciar en los errores obtenidos (0,00%) en las disoluciones de sulfato de cobre(II).

10. El método de Arquímedes o de flotación se emplea en docencia e investigación universitarias (4), pero se puede aplicar a otros niveles de la enseñanza de la Física y la Química. Sólo se precisa disponer de una balanza analítica de precisión.

**AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen a Luis Elcoro su colaboración en la discusión de las ecuaciones empleadas, a Iraide Valdés y Ander Celaya la realización de algunas medidas, y al Ministerio de Educación y Ciencia la ayuda económica del proyecto MAT 2002-03166.

**REFERENCIAS**

1. P. Román, J.M. Gutiérrez-Zorrilla, *J. Chem. Ed.*, **1985**, Vol. 62, 167.
2. Biografía de Arquímedes (Visitada el 21/3/2005), en: http://www.biografiasyvidas.com/biografia/a/arquimedes.htm
3. Desarrollo matemático del método de Arquímedes (Visitada el 21/3/2005), en: http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/estatica/arquimedes/arquimedes.htm
4. A. Luque, J. Sertucha, O. Castillo, P. Roman, *New J. of Chemistry*, **2001**, Vol. 25, 1208.

# ESTUDIO CINÉTICO DE UNA REACCIÓN DE SUSTITUCIÓN NUCLEÓFILA DE CLORURO DE TERCBUTILO

***Ascensión Fernandez López, María José Molina Rubio, Isabel Paz Antolín***
Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente
E.T.S.Ingenieros Industriales, Universidad Politécina de Madrid
José Gutierrez Abascal 2, 28006 Madrid
afernandez@etsii.upm.es, mjmolina@etsii.upm.es, isabel.paz@upm.es

*El objeto de nuestra presentación es una práctica de laboratorio de Química, que consiste en estudiar la cinética de una reacción de sustitución nucleófila de un compuesto orgánico. La puesta en práctica de esta experiencia permite al alumno alcanzar una serie de objetivos de contenido, así como objetivos metodológicos que complementan las enseñanzas teóricas en el estudio de la Química universitaria.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Para conocer una reacción química y el camino a través del cual transcurre, es preciso emplear la Cinetoquímica, estudiar la velocidad de la reacción y los factores que influyen sobre ella.

En esta experiencia se estudia la influencia que determinados factores tienen sobre la velocidad de una reacción y, a partir de los resultados obtenidos, el alumno es capaz de comprobar el mecanismo propuesto y controlar cinética y termodinámicamente una reacción concreta.

La reacción estudiada en esta práctica es la sustitución nucleófila del cloruro de terc-butilo utilizando como nucleófilo agua y como medio de reacción mezclas de agua y acetona. El producto principal es el alcohol tercbutílico, obteniéndose como producto secundario pequeñas cantidades de isobutileno. Las reacciones globales que tienen lugar son las siguientes:

$$CH_3-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-Cl \;+\; H_2O \longrightarrow CH_3-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-OH \;+\; HCl$$

*Cloruro de t-butilo* *Alcohol t-butílico*

$$CH_3-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-Cl \;+\; H_2O \longrightarrow CH_3-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}=CH_2 \;+\; HCl$$

*Cloruro de t-butilo* *Isobutileno*

En ambas reacciones se obtiene como subproducto ácido clorhídrico, por lo que es posible estudiar su cinética, midiendo el tiempo necesario para la neutralización de una determinada cantidad de hidróxido sódico que se añade a la mezcla de reacción.

La primera de estas reacciones es una sustitución nucleófila de orden uno (SN1) y la segunda es una eliminación también de orden cinético uno (E1). La velocidad de reacción para ambas, depende de la concentración de halogenuro de alquilo terciario, siendo v = K [R-X]. Se trata de reacciones que transcurren en dos etapas con formación de un carbocatión como intermedio de reacción común a ambos mecanismos, como podemos observar:

**1ª Etapa:**

$$(CH_3)_3C-Cl \xrightarrow{\text{Lenta}} (CH_3)_3C^{\oplus} + Cl^-$$

SEPARACIÓN DEL GRUPO SALIENTE
PARA PRODUCIR UN CARBOCATIÓN 3º

**2º Etapa:**

$$(CH_3)_3C^{\oplus} + 2\,H_2O \xrightarrow{\text{rápida}} (CH_3)_3C-OH + H_3O^+$$

$$(CH_3)_3C^{\oplus} + H_2O \xrightarrow{\text{rápida}} (CH_3)_2C=CH_2 + H_3O^+$$

ATAQUE DEL NUCLEÓFILO AL CARBOCATIÓN
PARA FORMAR EL PRODUCTO

## 2. OBJETIVOS

Dado que esta práctica se va a impartir en la asignatura de Experimentación de Química II de segundo curso de la titulación de Ingeniero Químico, los objetivos a alcanzar por el alumno mediante esta experiencia de laboratorio son de distinta naturaleza a los de otras titulaciones.

Por un lado conceptuales, que van a permitir al alumno dar el significado "real" o experimental a los contenidos aprendidos en niveles de enseñanza anteriores como son el concepto de enlace químico en sus distintos tipos, estructura molecular, los conceptos básicos ácido-base, el concepto de equivalente, reacción de neutralización, velocidad de reacción, mecanismo o camino de reacción, intermedio de reacción, control cinético, control termodinámico y otros.

Por otro lado, el alumno alcanza objetivos metodológicos, ya que mediante el desarrollo de la experiencia aprende a diseñar su estrategia propia de trabajo en el laboratorio.

Por último, el objetivo experimental de esta práctica es estudiar la influencia sobre la velocidad de la reacción de sustitución nucleófila de un halogenuro de alquilo, de los siguientes factores:

- Grado de conversión.
- Concentración de halogenuro.
- Naturaleza del disolvente.
- Temperatura.
- Estructura molecular del halogenuro de alquilo.

## 3. MATERIALES Y REACTIVOS

Para el desarrollo de esta práctica se necesita lo siguiente:

- Agitador magnético.
- Baño termostatizado.
- Baño de hielo.
- Termómetro.
- Cronómetro.
- 2 Vasos de precipitado de 25 mL y 1 de 100mL.
- 2 Pipetas graduadas de 2 mL y 1 de 10 mL.
- Disolución 0,1M de cloruro de tercbutilo en acetona al 30%.
- Disolución 0,1 M de cloruro de tercbutilo en etanol al 30%.
- Disolución 0,1 M de cloruro de isopropilo en acetona al 30%.
- Disolución de NaOH 0,1 M normalizada.
- Etanol de 96%.
- Acetona.
- Fenolftaleína.

## 4. METODO EXPERIMENTAL

### 4.1 Determinación de los tiempos de reacción a 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de grado de conversión en la reacción

1ºpaso. Con una pipeta se toman 3 mL de la solución 0,1 M de cloruro de tercbutilo en acetona y se descargan en un vaso de 25 mL; en un segundo vaso se pipetean 0,3 mL de solución de NaOH 0,1M y se le añaden 6,7 mL de agua destilada, a continuación se añaden 2 gotas de fenolftaleína como indicador.

(Para un 10% de reacción, la cantidad de hidróxido sódico añadida a cada ensayo deberá representar exactamente el 10% de la cantidad total de cloruro de tercbutilo)

2ºpaso. La solución acuosa de hidróxido sódico se vierte rápidamente sobre la de acetona y se comienza a medir el tiempo de reacción. La mezcla se somete a agitación magnética (ya antes de la adición) hasta observar el viraje del indicador de rosa a incoloro, anotando el tiempo de reacción que ha transcurrido hasta ese instante. La experiencia se repite tres veces y se calcula así el tiempo medio para el 10% de conversión.

A continuación se repite tres veces para los distintos grados de conversión: 20%, 30% , 40% y 50%, variando en cada caso las cantidades necesarias de la solución de NaOH 0,1 M y por tanto de agua hasta completar 10 mL de volumen total final.

Los resultados a los que el alumno debería llegar son los siguientes:

Grados de conversión de la reacción.

| | 10% | 20% | 30% | 40% | 50% |
|---|---|---|---|---|---|
| Tiempos medios (s) | 27,5 | 61 | 123 | 246,5 | 457 |

Con estos datos el alumno puede representar gráficamente la variación de la concentración frente al tiempo y deducir que la reacción es de orden 1.

### 4.2 Influencia de la concentración de cloruro de tercbutilo sobre la velocidad de reacción

Se siguen los pasos del ensayo 4.1, con la variante de que antes de mezclar las dos soluciones se añaden 10 mL de solución al 30% de acetona (7 mL de agua y 3 mL de acetona) al vaso que contiene el NaOH. En estas condiciones, la concentración de cloruro de tercbutilo será exactamente la mitad que en el primer ensayo.

La concentración de R-X se reduce a la mitad, llevando a cabo la reacción se observa que el tiempo se hace el doble aproximadamente. Es decir la velocidad disminuye, ya que $v = k\,[R\text{-}X]$ y dado que $v = -\,d[R\text{-}X]/dt$ .

El alumno incide en error al comparar datos numéricos de tiempos, ya que en términos numéricos el valor es aproximadamente igual En este caso hay que conducir al alumno a la comparación de datos conceptuales.

**4.3 Influencia de la temperatura sobre la velocidad de reacción**

Se prepara un baño de agua fría utilizando hielo machacado para bajar la temperatura, y en él se introducen dos vasos de 25 mL, a los que se les ha añadido las dos disoluciones preparadas como se indica en 4.1 a un 20% de conversión. Antes de mezclar las dos disoluciones, se comprueba que su temperatura esté unos 10ºC por debajo de la temperatura ambiente. A continuación se mezclan las dos soluciones y se mide el tiempo que tardan en reaccionar.

El ensayo se realiza tres veces y se anotan los resultados.

Después se realiza el ensayo a temperaturas superiores a la temperatura ambiente. Para ello se dispone de una baño termostatizado, cuya temperatura se fija unos 10ºC por encima de la temperatura ambiente, se introducen los dos vasos de 25 mL con las disoluciones preparadas como se indica en 4.1, mezclándolas una vez que hayan alcanzado dicha temperatura. Se mide el tiempo de reacción y los resultados obtenidos después de realizar el experimento tres veces se anotan.

Reacción al 20% de cloruro de tercbutilo en medio agua/acetona al 30%

| | 7ºC | T ambiente | 30ºC |
|---|---|---|---|
| Tiempos medios (s) | 407 | 59 | 32 |

En este punto al alumno se le hace reflexionar sobre el control termodinámico que está ejerciendo sobre la reacción, que le llevaría a obtener mayoritariamente uno de los productos. También le permite que, aplicando los conocimientos adquiridos en prácticas anteriores, proponer un método de separación e identificación de la mezcla de productos (alcohol tercbutílico e isobutileno).

**4.4 Influencia de la concentración de disolvente sobre la velocidad de reacción**

En un vaso de 25 mL se pipetean 2 mL de solución 0,1 M de cloruro de tercbutilo en acetona. En el otro vaso se pipetean 0,4 mL de solución 0,1 M de NaOH y se añaden 7,6 mL de agua destilada y 2 gotas de fenolftaleína. En este medio al 20% de acetona y 80% de agua se realiza la reacción como se indica en 4.1, repitiendo la experiencia 3 veces y anotando resultados.

A continuación el ensayo se realiza con el mismo procedimiento para un medio de reacción formado por el 40% de acetona y el 60% de agua destilada, se repite tres veces y se anotan los resultados.

El alumno debería obtener valores similares a los siguientes:

Reacción del 20% de conversión en acetona

| | Al 20% | Al 30% | Al 40% |
|---|---|---|---|
| Tiempos medios (s) | 25 | 61 | 260 |

A la vista de estos resultados el alumno observa cómo influye la polaridad del disolvente: a mayor polaridad menor tiempo de reacción y mayor velocidad de reacción. Al aumentar la concentración de acetona (menos polar) disminuye el agua (más polar). Lo que le permite comprender que se trata de un mecanismo de reacción iónico y la polaridad del medio influye en la velocidad.

Esta conclusión se vuelve a poner de manifiesto también en la siguiente experiencia.

**4.5 Influencia del tipo de disolvente sobre la velocidad de reacción**

Utilizando la solución de cloruro de tercbutilo en etanol al 30%, se repiten las experiencias del apartado 4.1 al 20% de conversión y a concentración de etanol del 30% y 40%.

Comparando los resultados obtenidos con los del ensayo anterior:

Conversión del 20% en distintos medios de reacción.

| % disolvente | tiempo en acetona (s) | tiempo en etanol (s) |
|---|---|---|
| 30% | 61 | 35 |
| 40% | 260 | 110,5 |

A la vista de los resultados el alumno puede observar la diferencia de comportamiento de los dos disolventes dado que el etanol es más polar que la acetona; pero al aumentar la concentración de etanol el tiempo de reacción aumenta dado que baja la concentración de agua y por tanto el medio se hace menos polar.

**4.6 Influencia de la estructura del halogenuro de alquilo en la velocidad de reacción**

Se realiza la experiencia como se indica en el apartado 4.1 utilizando una solución 0,1 M de cloruro de isopropilo (halogenuro secundario) en lugar de la solución del cloruro de tercbutilo (halogenuro terciario). Se agita la mezcla de reacción durante cinco minutos y si no se produce el viraje se calienta la mezcla en un baño de agua.

El alumno durante esta experiencia comprueba como la velocidad de reacción depende de la estabilidad del intermedio, que en este caso es menor al tratarse de un carbocatión secundario.

**REFERENCIAS**

1. L.G. Wade Jr., *Química Orgánica*, Ed. Pearson Prentice Hall.
2. B.S. Furniss, A.J. Hannoaford, V.Rogers, P.W.G. Smith, *Vogel´s Textbook of Practical*.
3. R.Q.Brewster, C.A.VanderWerf, W.E.McEwen, *Curso Práctico de Química Orgánica*, Ed. Alhambra.

# EL HIGRÓMETRO COLOREADO
# (PRINCIPIO DE LE CHÂTELIER)

***José A. Murillo Pulgarín*[1], *Aurelia Alañón Molina*[1], *Luisa F. García Bermejo*[1], *Francisco Martín Alfonso*[2], *Paula Sánchez González*[3], *Francisco P. León Belén*[4]**
[1]Departamento de Química Analítica y Tecnología de Alimentos
Univ. de Castilla-La Mancha, Avda. Camilo José Cela 1, 13004 Ciudad Real.
[2]IES Azuer. Ctra. De La Solana, 77. 13200 Manzanares (Ciudad Real)
[3]IES Maestro Juan de Ávila, c/ Carlos López Bustos 2, 13003 Ciudad Real
[4]IES Atenea, Avda. Puente Retama 1, 13071 Ciudad Real
joseantonio.murillo@uclm.es

*En esta comunicación presentamos una práctica de laboratorio relacionada con la capacidad de predecir el tiempo que tienen algunas figuras que se encuentran disponibles comercialmente. Se aprovecha este hecho para hacer un estudio de los equilibrios químicos y el efecto que producen sobre ellos ciertas perturbaciones (Principio de Le Châtelier).*

## 1. INTRODUCCIÓN

Las modificaciones que se producen en los equilibrios químicos resultan difíciles de comprender si no se dispone de experimentos que las pongan claramente de manifiesto.

Existen descritas en la bibliografía algunas experiencias de laboratorio para comprobar el principio de Le Châtelier, pero en la mayoría de los casos o son complejas en su realización o se utilizan productos tóxicos que requieren la utilización de campanas extractoras, de las que no se dispone en la mayoría de los Centros de Enseñanza Secundaria. Uno de estos ejemplos clásicos descritos en la mayoría de los libros de texto es el equilibrio de dimerización del dióxido de nitrógeno, que además de presentar los inconvenientes anteriores, llegan a mezclarse efectos en una misma observación como es en el estudio de la influencia de la temperatura, donde no se considera el efecto de la presión.

Si la práctica que se realiza puede demostrar independientemente cada uno de los efectos, ser vistosa, fácil de realizar, con la posibilidad de llevarse a cabo en una sesión de clase, no necesitar material complicado y, además, apoyarse en un fenómeno que los alumnos pueden observar en la vida cotidiana, tendremos un procedimiento ideal. Este es el caso del equilibrio entre dos complejos de cobalto: el hexacuocobalto(II) y el tetraclorocobaltato(II).

El experimento propuesto cumple los objetivos del tema de equilibrio químico de la asignatura de Química de segundo de Bachillerato y además induce al alumno a relacionar la Química con la vida cotidiana, dando explicación científica a procesos que parecen mágicos.

## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO.

Según el principio de Le Châtelier cuando se somete un sistema en equilibrio a una modificación de la temperatura, la presión o la concentración de una de las especies, el sistema responde alcanzando un nuevo equilibrio que contrarresta parcialmente el efecto de la modificación.

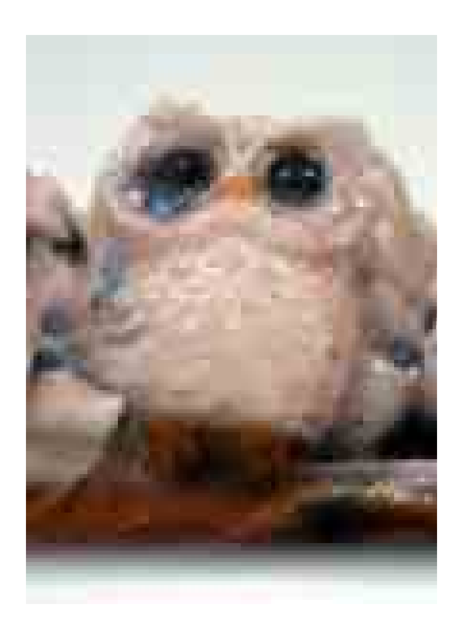
En esta práctica estudiamos cómo se modifica el equilibrio:

$$[Co(H_2O)_6]^{2+} + 4\,Cl^- \rightleftharpoons [CoCl_4]^{2-} + 6\,H_2O$$

**rosa** **azul**

frente a la modificación de la temperatura y de la concentración de las especies, ya que en este equilibrio intervienen especies de diferente color.

En la Figura 1 se muestra cómo cambia de color un búho de los que se utilizan en la vida real, según el contenido de la humedad y la temperatura del aire.



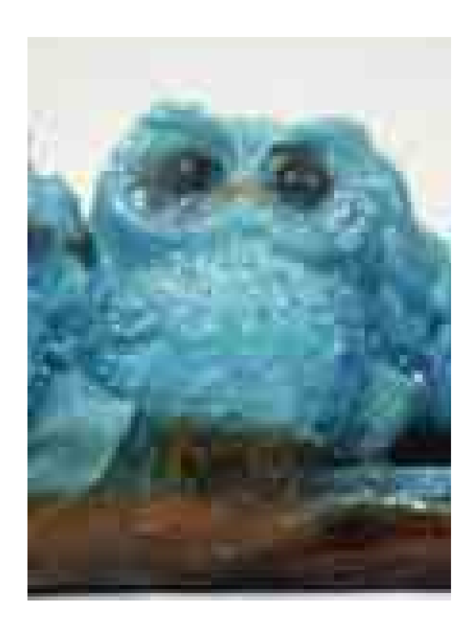


Figura 1. *Cambio de color según las condiciones ambientales.*

## 3. OBJETIVOS

- Comprobar el efecto de la variación de la temperatura en los equilibrios químicos.
- Comprobar el efecto de la variación de la concentración en los equilibrios químicos.

## 4. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

**Material:**

Un vaso de precipitado de 250 mL.
Tres vasos de precipitados de 100 mL.
Dos vasos de precipitado de 50 mL .
Una probeta de 50 mL.
Una probeta de 10 mL.
Baño María.
Recipiente para hielo.

**Reactivos:**

Cloruro de cobalto(II) hexahidratado.
Ácido clorhídrico concentrado.
Nitrato de plata.

### 4.1. Efecto de la temperatura

Colocar en un vaso de precipitado de 250 mL, 100 mL de disolución 0,2 M de cloruro de Co(II) y añadir ácido clorhídrico concentrado hasta que la disolución se vuelva de color violáceo (unos 50 mL aproximadamente). Dividir la disolución en tres partes aproximadamente iguales en vasos de precipitado de 100 mL. Mantener uno de ellos a temperatura ambiente, otro en un baño de hielo y, el tercero, calentarlo al baño María. Pasados unos minutos, cuando se haya alcanzado la temperatura deseada, observar el color de las tres disoluciones y anotarlo.

### 4.2. Efecto de la concentración

Colocar en un vaso de precipitado de 100 mL, unos 25 mL de disolución 0,2 M de cloruro de Co(II) (disolución A) y añadir con precaución otros 25 mL de ácido clorhídrico concentrado (disolución B). Observar qué fenómeno se ha producido.

En cada uno de los dos vasos de precipitado de 50 mL se añaden unos 20 mL de la disolución anterior.

A uno de ellos se le añaden unos 20 mL de agua (disolución C) y al otro 10 mL de disolución 0,1 M de nitrato de plata (suspensión D). Observar el color de las disoluciones y los cambios producidos.

### 4.3. Resultados

Tabla 1. *Efecto de la temperatura.*

| **Disolución** | **Color** | **Compuesto/s responsable /s del color** |
|---|---|---|
| 0 º C | | |
| Temperatura ambiente | | |
| 100 º C | | |



Figura 2. *Efecto de la temperatura. En el centro una mezcla de hexacuocobalto(II) y tetraclorocobaltato(II) a temperatura ambiente. A la izquierda desplazamiento del equilibrio a 0º C y a la derecha a 100º C.*

Tabla 2. *Efecto de la concentración.*

| **Disolución** | **Color** | **Compuesto/s responsable del color** |
|---|---|---|
| A ($CoCl_2$) | | |
| B ($CoCl_2$ + HCl) | | |
| C (B + $H_2O$) | | |
| D (B + $AgNO_3$) | | |



*A*



*B*



*C*



*D*

Figura 3. *Efecto de la concentración. Disoluciones A, B, C y D según la tabla 2.*

**4.4. Cuestiones planteadas al alumno**

1. ¿Cuántos gramos de $CoCl_2$ son necesarios para preparar un litro de disolución 0,2 M? ¿Y si la sal de partida fuera $CoCl_2·6H_2O$?
2. Completar la tercera columna de las tablas anteriores con el compuesto o compuestos que predominan en la disolución.
3. ¿Hacia dónde desplaza el equilibrio un aumento de la temperatura?
4. ¿Hacia dónde desplaza el equilibrio una disminución de la temperatura?
5. Según el principio de Le Châtelier ¿la reacción será exotérmica o endotérmica? ¿Por qué?
6. ¿Hacia dónde se desplaza el equilibrio al añadir HCl concentrado a la disolución A? ¿Por qué?
7. ¿Hacia dónde se desplaza el equilibrio al añadir agua a la disolución? ¿Por qué?
8. ¿Qué reacción se produce al añadir a la disolución B de nitrato de plata? ¿Qué compuesto es el sólido que se forma? Escribir la ecuación química.
9. ¿Hacia donde se desplaza el equilibrio al añadir $AgNO_3$ a la disolución B? ¿Por qué?
10. En algunas tiendas se venden figuras que sirven para predecir cuando va a llover cambiando de color azul al rosa. Explicar el fundamento químico de este fenómeno.

**BIBLIOGRAFÍA**

1. R.H. Petrucci, W.S. Harwood, F. G. Herring, *Química General*, Ed. Pearson Prentice Hall, Madrid (2003).
2. L. R. Summerlin, J.L. Ealy Jr, *Chemical Demonstrations: a sourcebook for teachers*, Ed. American Chemical Society, Washington (1988).

# SÍNTESIS Y PROPIEDADES DE POLÍMEROS

***José María Fernández Solís [1], Julia Pérez Iglesias [2], Hervilia Mª. Seco Lago [3], Jesús Manuel Castro Romero [2], Victoria González Rodríguez [2], Elena González Soto [2], Elia Alonso Rodríguez [2]***
Departamento de Química Analítica, Universidad de A Coruña
[1] E.P. Superior, C/ Mendizábal s/n, 15403 Ferrol. jmfsolis@cdf.udc.es
[2] E.U. Politécnica, Ctra. Aneiros s/n, Serantes, 15405 Ferrol
[3] IES Leixa, San Pedro de Leixa s/n, 15405 Ferrol

*En este trabajo se presenta una práctica de laboratorio que, con un montaje y desarrollo sencillos, introduce a los alumnos en el amplio campo de la química de los polímeros. Se sintetiza bakelita y se observan algunas de las propiedades más características del poliestireno utilizado en embalaje. El objetivo de esta práctica es el conocimiento de materiales de uso cotidiano en nuestro entorno, incidiendo en la importancia de sus aplicaciones técnicas.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Numerosos materiales con aplicaciones técnicas tales como los plásticos, cauchos, resinas, adhesivos, hidrogeles, fibras, etc., y las sustancias biológicas que constituyen la base misma de los seres vivos, tales como las proteínas, ácidos nucleicos, polisacáridos, etc., tienen en común su carácter macromolecular. Digamos que las unidades químicas de las que están formados son moléculas de gran tamaño llamadas macromoléculas o polímeros.

La estructura química de las macromoléculas o polímeros no es muy complicada ya que están formadas por una o varias estructuras químicas sencillas que se repiten decenas o miles de veces, de ahí su gran tamaño.

Los polímeros suelen clasificarse en dos grandes grupos: naturales y sintéticos. Los polímeros naturales más importantes son los que se encuentran en los seres vivos, o biopolímeros. El nombre de polímeros sintéticos suele aplicarse a los de interés técnico. Sin embargo, esta clasificación no representa una división tajante, ya que muchos polímeros de tipo biológico se obtienen también por métodos sintéticos y, además, algunos biopolímeros naturales como la celulosa, también se emplean con fines industriales (1).

Entre los polímeros más utilizados en la vida cotidiana se encuentran el nailon, el polietileno, el poliestireno y el policloruro de vinilo (PVC). Todos los objetos de plástico llevan un símbolo y un código que indica el tipo de polímero del que están hechos, por ejemplo: el número 6 y las siglas PS indican que se trata de poliestireno, el número 3 se utiliza para el PVC, y los números 2 y 4 se usan para el polietileno de alta y baja densidad, respectivamente. El triángulo con flechas indica que se trata de un plástico reciclable (en ningún caso significa que el objeto esté hecho con plástico reciclado).








**2. FUNDAMENTO TEÓRICO**

Un polímero es una gran molécula con masa molecular alta, formada por pequeñas moléculas que constituyen una cadena. Las moléculas pequeñas que se unen para formar polímeros se llaman monómeros.

La polimerización consiste en la combinación química de un alto número de moléculas idénticas o semejantes para formar una molécula compleja de elevada masa molecular. Las pequeñas unidades pueden combinarse por *condensación* o por *adición*.

- Los polímeros de *condensación* se producen por reacciones en las cuales una molécula sencilla, como la de agua, se elimina entre grupos funcionales, como los grupos alcohólicos (-OH) o los grupos ácido (-COOH). Con objeto de formar moléculas de cadena larga, deben estar presentes en cada una de las unidades de reacción, dos o más de cada uno de estos grupos.

Un ejemplo de polímero de condensación es la síntesis del nailon (fibra de polímeros sintéticos).

$$\underset{\text{ácido adípico}}{HO-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-(CH_2)_4-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH} + \underset{\text{hexametilendiamina}}{H_2N-(CH_2)_6-NH_2} \xrightarrow[-\,H_2O]{} (-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-(CH_2)_4-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH-(CH_2)_6-NH-)_n$$

Esquema de la reacción: ○ + □ $\xrightarrow[-\,H_2O]{}$ –○–□–○–□–○–□–

- Los polímeros de *adición* se forman por la reacción de unidades monómeras sin eliminación de átomos. El monómero es usualmente un compuesto orgánico no saturado, como el etileno ($H_2C = CH_2$), que en presencia de un iniciador sufrirá una reacción de adición para formar una molécula de cadena larga, como el polietileno (2).

$$\underset{\text{etileno}}{n\,(H_2C = CH_2)} \xrightarrow{\text{catalizador}} \underset{\text{polietileno}}{-(H_2C - CH_2)_n-}$$

Esquema de la reacción: ☐ ⟶ –☐–☐–☐–☐–

**3. OBJETIVOS**

En la primera parte de esta práctica (síntesis de bakelita) se pretende que el alumno aprenda a preparar polímeros y compruebe así la sencillez de dicha síntesis.

Asimismo, podrá observar las diferencias entre las propiedades y características del polímero obtenido con respecto a las de los monómeros de partida. Además se introducen de forma sencilla los conceptos de polímeros termoestables y termoplásticos.

En la segunda parte (propiedades del poliestireno) se pretende que el alumno identifique un material de uso cotidiano, como es el poliestireno de embalajes, como un compuesto químico polimérico y compruebe la propiedad de disolución de algunos polímeros que, como éste, llevan agentes hinchantes en su formulación. Observando también, de una forma aproximada, la baja densidad del poliestireno.

Se tratará de que identifiquen estos polímeros con materiales presentes en su vida cotidiana.

Material y reactivos necesarios

| | |
|---|---|
| - 1 erlenmeyer de 25 mL | - Molde (placa de toques) |
| - 1 probeta de 25 mL | - Acetona |
| - 1 probeta de 100 mL | - Formaldehído al 40% (formol) |
| - 1 probeta de 500 mL | - Poliestireno (de embalar) |
| - Espátula | - Disolución saturada de $C_6H_5NH_2{\cdot}HCl$ |



## 4. PARTE EXPERIMENTAL

### 4.1. Síntesis de Bakelita

En 1909, el químico norteamericano de origen belga *L.H. Baekeland* sintetizó un polímero de interés comercial a partir de moléculas de formaldehído (HCHO) y fenol ($C_6H_5OH$), en presencia de catalizadores alcalinos o ácidos, bajo presión y temperatura. Este producto se podía moldear a medida que se formaba y resultaba duro al solidificar. No conducía la electricidad, era resistente al agua y otros disolventes, pero fácilmente mecanizable. Se le bautizó con el nombre de *Bakelita* en honor a su descubridor, siendo el primer plástico totalmente sintético de la historia.

*Baekeland* nunca supo que, en realidad, lo que había sintetizado era lo que hoy conocemos con el nombre de copolímero. A diferencia de los homopolímeros, que están formados por unidades monoméricas idénticas, los copolímeros están constituidos, al menos, por dos monómeros diferentes.

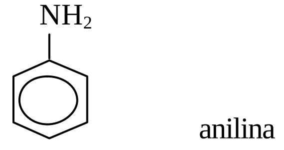
Otra cuestión que Baekeland desconocía es el alto grado de entrecruzamiento de la estructura molecular de la bakelita, que le confiere la propiedad de ser un plástico termoestable, es decir, que puede moldearse apenas concluida su preparación. En otras palabras, una vez que se enfría la bakelita no puede volver a ablandarse. Esto la diferencia de los polímeros termoplásticos, que pueden fundirse y moldearse varias veces, debido a que las cadenas pueden ser lineales o ramificadas pero no presentan entrecruzamiento.

El primer paso de *la reacción de condensación* entre el fenol y el formaldehído se indica a continuación:

n OH–C6H5 + n H2C=O → (- n H2O) [polímero]n

fenol formaldehído polímero (bakelita)

En esta preparación emplearemos, en lugar del fenol, una amina aromática llamada anilina ($C_6H_5NH_2$). Su reacción con el formaldehído es análoga a la condensación fenol-formaldehído (3).




anilina

**Procedimiento**

*Realizar en campana de extracción.*

- Se vierten 5 mL de formaldehído en el erlenmeyer.
- Se miden 5 mL de disolución saturada de cloruro de anilina ($C_6H_5NH_2 \cdot HCl$) en la probeta y se vierten en el erlenmeyer que contiene el formaldehído.
- Se agita la mezcla y cuando adquiere color naranja se vierte en los moldes.
- Se seca en la estufa a 40º C, aproximadamente 2 horas, para que condense el polímero.

**Principales aplicaciones de los diversos tipos de bakelita**

Uno de los primeros usos fue en los primitivos aparatos telefónicos y en las asas de los utensilios de cocina, hoy se emplea en la fabricación de materiales aislantes, como por ejemplo porta lámparas y placas de circuitos impresos de ordenadores. Otra de sus aplicaciones es como barniz aislante en disolución.

**4.2. Propiedades del poliestireno**

El poliestireno (PS), después del polietileno y PVC (cloruro de polivinilo), es el plástico de mayor consumo.

$-(-CH_2 - CH-)-_n$ (con grupo fenilo sobre CH)

poliestireno

$-(-CH_2 - CH_2-)-_n$

polietileno

$-(-CH_2 - CH-)-_n$ (con Cl sobre CH)

cloruro de polivinilo

Fue obtenido por primera vez en Alemania por la *I.G. Faberindustrie*, en el año 1930. Es un sólido vítreo por debajo de 100º C; por encima de esta temperatura es procesable y puede dársele múltiples formas.

El *monómero* utilizado como base en la obtención del *poliestireno* es el *estireno* (*vinilbenceno):* $C_6H_5 - CH = CH_2$

monómero

$-CH-CH_2-[CH-CH_2]-CH-CH_2-$

A escala industrial, el *poliestireno* se prepara calentando, en presencia de un catalizador, el *etilbenceno* ($C_6H_5 - CH_2 - CH_3$) para dar lugar al estireno ($C_6H_5 - CH =$

$CH_2$). La polimerización del estireno requiere la presencia de una pequeña cantidad de un iniciador, entre los que se encuentran los peróxidos, que opera rompiéndose para generar un radical libre. Éste se une a una molécula de monómero, formando así otro radical libre más grande, que a su vez se une a otra molécula de monómero y así sucesivamente. Finalmente se termina la cadena por reacciones tales como la unión de dos radicales, las cuales consumen pero no generan radicales.

Hay que tener en cuenta que, además de los enlaces covalentes que mantienen unidas a las moléculas de los monómeros, suelen producirse otras interacciones intermoleculares e intramoleculares que influyen notablemente en las propiedades físicas del polímero, que son diferentes de las que presentan las moléculas de partida. El poliestireno, en general, posee elasticidad, cierta resistencia al ataque químico, buena resistencia mecánica, térmica y eléctrica y baja densidad (4).

El poliestireno es un polímero **termoplástico** (5). En estos polímeros las fuerzas intermoleculares son muy débiles y al calentar las cadenas pueden moverse unas con relación a otras y el polímero puede moldearse. Cuando el polímero se enfría vuelven a establecerse las fuerzas intermoleculares pero entre átomos diferentes, con lo que cambia la ordenación de las cadenas.

**Procedimiento**

- Se miden 5 mL de acetona en la probeta de 100 mL.
- Se pesa la probeta de 500 mL.
- Se miden 500 mL de la muestra de poliestireno.
- Se pesa la probeta con el poliestireno.
- Se añade el poliestireno sobre la acetona, poco a poco al principio, observando que las partículas de poliestireno se reducen y forman un gel pegajoso.
- Se añade poliestireno hasta llenar la probeta; a medida que baja el nivel se sigue rellenando. Si es necesario, se empuja al poliestireno con una varilla.

**Principales aplicaciones de l poliestireno**

Las aplicaciones del poliestireno son muy numerosas y variadas dependiendo de la técnica de transformación utilizada: juguetes, carcasas de radio y televisión, partes del automóvil, instrumental médico, menaje doméstico, tapones de botellas, contenedores, botellas, películas protectoras, perfiles en general, reflectores de luz, cubiertas de construcción, interiores de frigoríficos, equipajes, embalajes alimentarios, servicios desechables, y grandes estructuras del automóvil, entre otras.

**5. INFORME FINAL**

- Observar si la reacción es exotérmica o endotérmica.
- Examinar el producto y anotar sus propiedades.
- Formular la reacción de condensación que tiene lugar en la síntesis de Bakelita, usando fórmulas estructurales para los monómeros incluidos.
- Explicar el comportamiento del poliestireno en acetona.

- Calcular (experimentalmente y de forma aproximada), basándose en sus conocimientos previos, la densidad del poliestireno que estamos utilizando.

- Señalar la diferencia fundamental entre un plástico termoestable y un termoplástico.

- Indicar algunos objetos del laboratorio fabricados con bakelita o con poliestireno.

- Realizar una búsqueda bibliográfica de aplicaciones técnicas de la bakelita y el poliestireno.

**REFERENCIAS**

1. A. Horta, C. Sánchez, I. Fernández, A. A. Pérez, *Los plásticos más usados*, Ed. de la UNED, Madrid (1999).

2. E. Primo, *Química Orgánica Básica y Aplicada. De la molécula a la industria*, Ed. Reverté, Barcelona (1996).

3. R. Usón (versión española), *Química. Una ciencia experimental. Manual de laboratorio*, Ed. Reverté, Barcelona (1982).

4. I.I. Rubin, *Materiales plásticos, propiedades y aplicaciones,* Ed. Limusa, S.A., Mexico D.F. (1999).

5. L. Avendaño, *Iniciación a los plásticos*, Ed. Centro Español de Plásticos, Barcelona (1992).

# INHIBICIÓN DE LA CORROSIÓN
# CON POLÍMEROS CONDUCTORES

***Emilia Sánchez de la Blanca* [1]*, Miguel Ángel Raso* [1]*, Mª. José González Tejera* [1]*,***
***Isabel Carrillo* [2]*, María Isabel Redondo Yelamos* [1]*, María Victoria García Pérez* [1]**

[1] Departamento de Química Física I, Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, emvi@quim.ucm.es
[2] Departamento de Química Industrial y Polímeros, E.U.I.T. Industrial
Universidad Politécnica de Madrid, Ronda de Valencia 3, 28012 Madrid

*En este trabajo se hace una revisión de los procesos de corrosión, métodos de inhibición clásicos y se hace especial incidencia en el uso de polímeros conductores como inhibidores de la corrosión. Se presta especial atención a la protección que ejerce la polianilina sobre el acero en el caso en que la superficie de éste está totalmente recubierta de polímero y en el que está sólo parcialmente recubierta.*

## 1. PROCESOS DE CORROSIÓN

La corrosión es el resultado de las reacciones químicas que tienen lugar entre un metal o aleación y el medio ambiente.

Debido al enorme desgaste económico que estos procesos ocasionan, la corrosión ha sido y sigue siendo el objetivo de numerosos estudios con la finalidad de reducir sus efectos tanto económicos como ambientales.

La corrosión de un metal en contacto con un ambiente húmedo ($O_2$ + $H_2O$), se puede describir según las siguientes semirreacciones:

$$M \; ? \; M^{n+} + ne^-$$, semirreacción de oxidación.

Si el medio ambiente es ácido, la reacción de reducción correspondiente será:

$$O_2 + 4H^+ + 4e^- \; ? \; 2H_2O \text{ o bien: } 2H^+ + 2e^- \; ? \; H_2$$

Si es neutro, la reacción que tendrá lugar será:

$$O_2 + 2H_2O + 4e^- \; ? \; 4OH^- \text{ o bien: } 2H_2O + 2e^- \; ? \; H_2 + 2OH^-$$

Los iones metálicos reaccionan inmediatamente con los iones $OH^-$ para formar hidróxidos insolubles sobre la superficie metálica.

Como estas reacciones tienen lugar en diferentes sitios del metal, se originarán células galvánicas sobre la superficie metálica, ésta raramente es homogénea, suele ser rugosa, y la corrosión tiene lugar preferentemente en las fisuras de la superficie.

La corrosión también puede producirse en la unión entre dos metales diferentes, estableciéndose un circuito eléctrico simplemente con la presencia de una fina capa de $H_2O$ o cualquier disolución acuosa ya que el metal más activo se disolverá (se oxidará) (1).

## 2. PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

El método más sencillo de proteger a un metal de la corrosión consiste en recubrirlo con una capa de pintura u otro recubrimiento resistente al agua, que actúa como barrera física que impide el contacto con el medio corrosivo. Sin embargo, los rasguños que se puedan producir en esta capa dan lugar a la corrosión del metal (1).

Otro método para proteger una superficie de un metal activo, como el hierro, consiste en recubrirla con una capa de otro metal por electrólisis (Cu) o sumergiendo el metal a proteger en el metal "protector" fundido (Sn). En ambos casos el metal queda protegido sólo mientras el recubrimiento permanezca intacto. Cuando aparecen grietas, el hierro al ser más activo que el Cu o el Sn, se oxida (2).

Existe además, otro método muy usado para proteger metales, especialmente hierro, contra la corrosión: el hierro se recubre con un metal más activo, que se oxidará con mayor facilidad. La superficie del Fe adquiere electrones procedentes de la oxidación del metal activo; el Fe actúa como cátodo y en él se produce una semirreacción de reducción, por lo tanto el Fe estará protegido mientras quede metal activo. Este tipo de protección se llama protección catódica y al metal activo se le da el nombre de ánodo de sacrificio (2). Para la protección de grandes instalaciones como oleoductos, tuberías, barcos, etc., que están en contacto permanente con humedad, la protección catódica se consigue adosando, a intervalos regulares, al hierro o al acero (o conectando mediante cables) trozos de un metal más activo que el hierro: Mg, Al, Zn, que será el ánodo de sacrificio.

Más recientemente se han utilizado para prevenir o retardar la corrosión revestimientos de la superficie con moléculas orgánicas, fosfatos, etc...La mayor parte de los revestimientos orgánicos proporcionan una barrera que resiste la penetración de los constituyentes agresivos del medio ambiente. El papel de estos recubrimientos es impedir que la semirreacción catódica:

$$2H_2O + O_2 + 4e^- \; ? \; 4OH^-$$

tenga lugar en el metal.

Inicialmente estas barreras funcionan bastante bien pero con el tiempo fallan debido a la exposición prolongada al medio ambiente (3).

En los últimos años se está investigando y empezando a utilizar los polímeros conductores para prevenir la corrosión.

## 3. POLÍMEROS CONDUCTORES (PCS)

Los polímeros conductores están formados por cadenas insaturadas constituidas por átomos de C y de H; la insaturación de estas cadenas conduce a la deslocalización de los electrones responsables de los enlaces p (electrones p deslocalizados) a lo largo de la cadena polimérica. En su forma neutra, los PCs son materiales semiconductores que se pueden impurificar (dopar) y convertir en especies eléctricamente conductoras. Los PCs se pueden encontrar en tres estados: no conductores o aislantes (descargados), oxidados (dopado tipo *p* o semiconductor de tipo *p*) en los que se

extraen electrones del esqueleto y reducidos (dopado tipo *n* o semiconductor de tipo *n*) en los que se añaden electrones al esqueleto.

El uso de polímeros conductores como protectores de la corrosión fue sugerido en 1985 por MacDiarmid (4). La mayor parte de los PCs usados en la protección contra la corrosión son polianilinas, poliheterociclos o poli(fenileno vinilenos), que pueden ser sintetizados química o electroquímicamente. Los PCs pueden pasar de ser materiales aislantes a conductores sometiéndolos a un proceso de dopado.

## 4. MECANISMO DE PROTECCIÓN

El polímero conductor más usado para la inhibición de la corrosión es la polianilina (PAni). Veamos cuál es el mecanismo de protección:

En el caso de la PAni son posibles varias estructuras electrónicas, o estados de oxidación, todas ellas reversibles:

**1.** PAni$^{o}$ ($a$ = 1; $b$ = 0) = Leucoemeraldina

**2.** PAni$^{o}$ ($a$ = $b$) = Emeraldina

**3.** PAni$^{o}$ ($a$ = 0; $b$ = 1) = Pernigranilina

Es importante notar que la polianilina que contiene un exceso de unidades *a* (leucoemeraldina) se oxida por el aire de forma rápida a la forma de emeraldina.

Las estructuras 1, 2 y 3 son formas neutras de la polianilina, la estructura 4 representa la estructura después del dopado con HCl.

**4.** PAni$^{+}$($Cl^{-}$)

Cuando el metal que se corroe es el hierro, las principales reacciones a tener en cuenta en presencia de PAni vienen representadas por:

- Procesos de reducción:

$O_2 + 4H^{+} + 4e^{-} \rightarrow 2H_2O$ (medio ácido) (1)

$O_2 + 2H_2O + 4e^{-} \rightarrow 4OH^{-}$ (medio neutro) (2)

- Procesos de oxidación:

PAni$^{o}$ ($a > b$) + $A^{-} \rightarrow$ PAni$^{+}$ ($a = b$)($A^{-}$) + $e^{-}$ (3)

$$Fe\ ?\ \ Fe^{2+} + 2e \qquad (4)$$

Las reacciónes generales se puede representar por:

$$4PAni^{o}\ (a > b) + O_2 + 4H^{+} + 4Cl^{-}\ ?\ \ 4PAni^{+}\ (a = b)(Cl^{-}) + 2H_2O \quad (5)$$

$$Fe^{2+} + O_2 + H_2O\ ?\ \ Fe_xO_y.H_2O \text{ y/o } FeOOH \qquad (6)$$

La inhibición de la corrosión sobre acero con polímeros, tales como la polianilina, se debe en gran medida a la formación de películas de óxidos de metal pasivos (Ec. 6) que protegen la superficie de éste de la erosión y de la corrosión posterior. Se pueden considerar dos casos. El caso I es en el que el acero está totalmente recubierto de una película de polianilina dopada, mientras que el caso II es aquel en el que la superficie del acero está casi completamente recubierta del polímero pero existen pequeñas zonas del acero sin recubrir, esto es expuestas a los agentes que producen la corrosión. (5)

Veamos los mecanismos de protección de la corrosión en estos dos casos:

*Caso I*

El mecanismo inhibidor de la corrosión se muestra en la Figura 1.

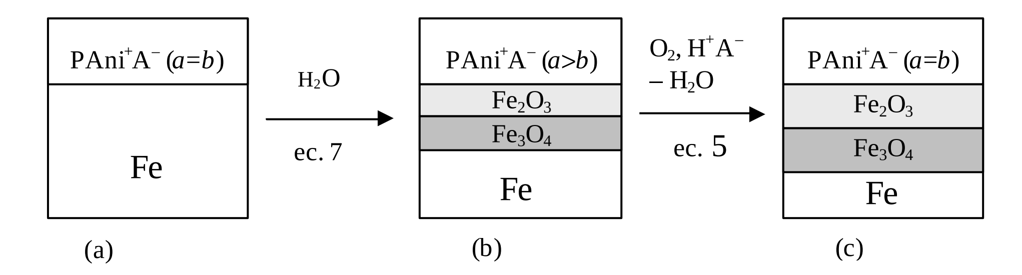



Figura 1. *Mecanismo inhibidor de la corrosión en superficies de acero totalmente recubiertas de polímero.*

Wessling (6) y Lu y col. (7) demostraron que cuando la polianilina dopada se pone en contacto con acero templado, la superficie del acero sufre un proceso rápido de oxidación dando lugar a una capa de $?–Fe_2O_3$ en la interfase polianilina/hierro. Este proceso se muestra esquemáticamente en la Figura 1 por el paso de (a) a (b) y tiene lugar la siguiente reacción:

$$2Fe^{0} + PAni^{+}(a{=}b)A^{-} + 3H_2O\ ?\ \ ?–Fe_2O_3 + PAni^{+}(a > b)A^{-} + 6\ HA \qquad (7)$$

Es importante darse cuenta de que, para que un polímero conductor de lugar a la formación de la capa pasiva de óxido sobre el acero, éste debe tener suficiente poder de oxidación para oxidar directamente el $Fe^{0}$ a $Fe^{3+}$. La oxidación a $Fe^{2+}$ conduciría a la disolución de la superficie y la erosión de ésta.

Al oxidarse el Fe la polianilina se reduce, cambiando su composición en la cual ahora hay más cantidad de forma leuco en su estructura. Esto se deduce a partir del análisis por espectroscopias de XPS y UV–visible (2,3). Esta forma reducida de PAni se puede oxidar fácilmente a la forma emeraldina por oxígeno (ec. 5), dándose el paso de (b) a (c) en la Figura 1. Aunque este último paso no es necesario para la formación de la capa de óxido pasivo, proporciona un mecanismo para que la polianilina funcione de forma catalítica. Es por ello que, desde un punto de vista práctico, la naturaleza catalítica de la polianilina permite que sólo se necesite una pequeña cantidad de polímero sobre la superficie del metal para producir una capa de óxido del metal adecuada.

La presencia de la polianilina y su facilidad para ser regenerada mediante su oxidación por aire proporciona una fuente constante de polímero con capacidad alta de oxidación sobre la superficie del metal. De esta forma, en el caso de daño o disolución de la capa de óxido, éste puede ser regenerado. Este efecto es particularmente evidente en el caso II.

*Caso II*

Cuando la capa de polianilina se recubre de resina epoxi se crea una barrera que aísla a la polianilina y al metal del ambiente corrosivo, esta capa epoxi proporciona un modo primario de protección a la corrosión. Si se daña el recubrimiento, se exponen al medio corrosivo áreas de acero sin recubrir, como se indica en el apartado b de la Figura 2.

El mecanismo global para la inhibición de la corrosión sobre superficies de acero parcialmente recubiertas de polímero se muestra en la Figura 2.

El primer paso ((a) a (b) en la Figura 2) de este proceso es similar al descrito para el Caso I (se forma ?–$Fe_2O_3$). Si el medio es corrosivo la superficie del acero sin recubrir actúa de cátodo y la polianilina reducida de ánodo, en estas condiciones, tiene lugar una reacción de reducción del acero protegiéndolo de la oxidación (protección catódica). Este mecanismo se mantiene siempre que haya suficiente polianilina en su estado reducido ($a > b$) relativo a su forma emeraldina ($a = b$). Eventualmente, toda la polianilina reducida será reoxidada (paso de (b) a (c) en la Fig. 2). De esta forma, el acero sin recubrir está catódicamente protegido y la forma reducida de la polianilina actúa de ánodo de sacrificio.

Una vez que la capa de polianilina se ha reoxidado al máximo, la forma de corrosión sobre la superficie del acero sin recubrir cambia. La región sobre la superficie del acero sin recubrir adyacente al recubrimiento de polianilina pasa a ser el ánodo (debido a su proximidad al polímero de alto potencial), mientras que una zona del borde del polímero conductor más lejana pasa a ser el cátodo. Esta situación de las regiones anódicas y catódicas produce un crecimiento gradual de la película de óxido de hierro pasivante sobre la superficie del metal como se muestra en el paso de (c) a (d) en la Figura 2. La extensión de esta capa de óxido pasivo desde el recubrimiento

va a depender del poder oxidante del polímero conductor, concentración de oxígeno en la disolución, pH, etc.

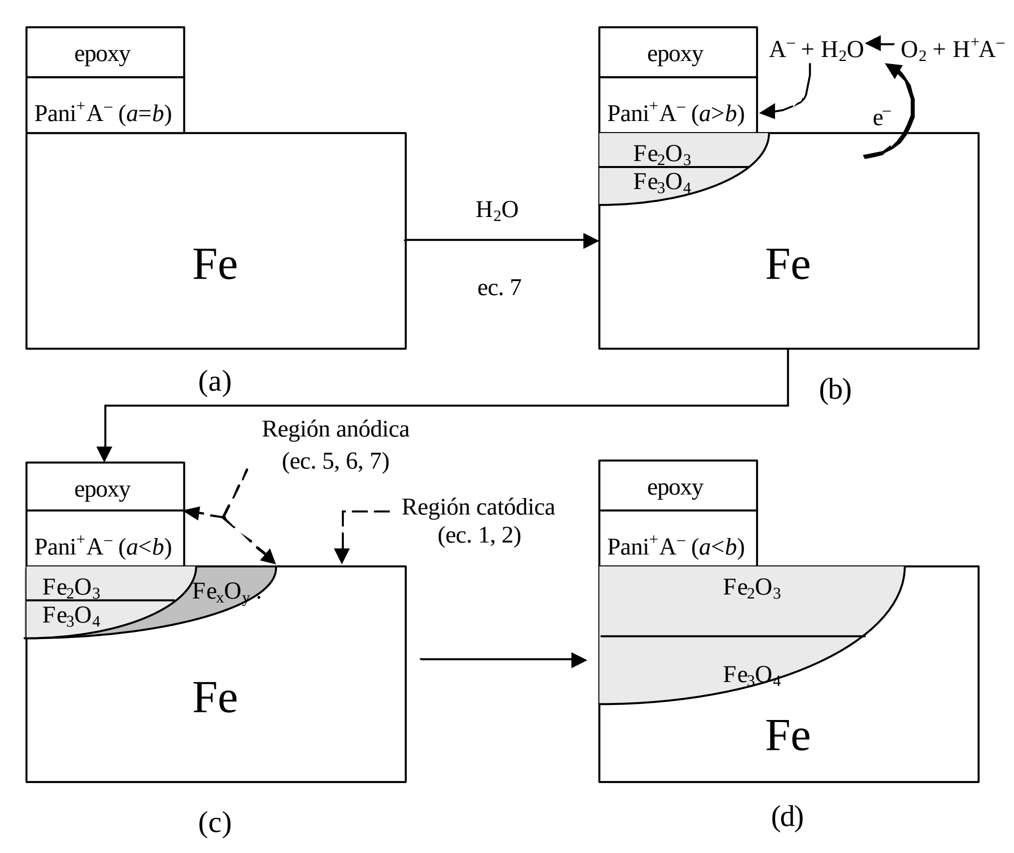



Figura 2. *Mecanismo inhibidor de la corrosión en superficies de acero parcialmente recubiertas de polímero.*

En HCl diluido, donde el poder oxidante de la PAni permanece alto y constante, la capa de óxido protector se puede extender hasta los 6 mm. En disoluciones de NaCl (medio neutro), sólo se extiende hasta 1-2 mm del recubrimiento. Estos resultados indican que los recubrimientos de PAni pueden proteger de la corrosión incluso zonas en las que el recubrimiento esté dañado y donde, por lo tanto, se encuentran pequeñas áreas de metal libre (5).

**BIBLIOGRAFÍA**

1. C.M.A. Brett, A.M. Oliveira, *Electrochemistry, principles, methods and applications*, Ed. Oxford University Press, Nueva York (1998).

2. E. R.H. Petrucci, W.S. Harwood, F.G. Herring, *Química General*, Ed.Prentice Hall, Madrid (2003).
3. P.Zarras, N Anderson, C. Webber, D.J. Irvin, J.A. Irvin, A. Guenthner, J.D. Stenger-Smith, *Radiation Physics and Chemistry*, **2003**, Vol. 68, 387.
4. A.G. MacDiarmid, *Short Course on Conducting Polymers. SUNY*, New Platz New York (1985).
5. Handbook of Conducting Polymers, Ed. Marcel Dekker, New York (1998).
6. B. Wessling, *Advanced material*, **1994**, Vol. 6, 226.
7. W. Lu, R.L. Elsanbaumer, B. Wessling, *Synth. Met.*, **1995**, Vol. 71, 2163.

# RELACIÓN ENTRE SOLUBILIDAD TEÓRICA Y EXPERIMENTAL. EL CASO DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO

***Adolfo Narros Sierra, Joaquín Martínez Urreaga, Mª. del Mar de la Fuente García-Soto, Frutos Pozas Requejo, Carlos González Salinas***
Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente
ETS de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid
José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid
anarros@etsii.upm.es

*Se propone una práctica que ilustra el efecto de la fuerza iónica y del ión común sobre la solubilidad de los precipitados, empleando para ello material corriente de laboratorio y productos químicos económicos. Se ha elegido el hidróxido de calcio para realizar el estudio porque presenta una solubilidad lo suficientemente alta para poder determinar la concentración de los iones en disolución empleando valoraciones. Además es posible determinar, bien el anión $OH^-$ mediante valoración ácido-base, bien el catión $Ca^{2+}$, mediante valoración complexométrica con AEDT. Los resultados obtenidos concuerdan de forma aceptable con los cálculos teóricos de la solubilidad teniendo en cuenta la fuerza iónica debida a la solubilidad del propio hidróxido.*

## 1. INTRODUCCIÓN

En la mayor parte de los libros de texto de Química general, Inorgánica y Analítica (1-3) se estudian los equilibrios de solubilidad de sustancias poco solubles según el principio del producto de solubilidad, que para el caso del hidróxido de calcio puede escribirse como:

$$Ca(OH)_2\ (s) \leftrightarrows Ca^{2+} + 2\ OH^-$$

$$K_{ps} = [Ca^{2+}][OH^-]^2$$

donde, $K_{ps}$ es la constante termodinámica del producto de solubilidad, y $[Ca^{2+}]$ y $[OH^-]$ son las concentraciones molares de los iones en equilibrio con la fase sólida $Ca(OH)_2$. El cálculo de la solubilidad, S, del hidróxido de calcio en agua se hace suponiendo que en el equilibrio $[OH^-] = 2[Ca^{2+}] = 2S$ y por tanto:

$$K_{ps} = 4\ S^3$$

que para un valor de $K_{ps}$ de $6,5 \cdot 10^{-6}$ a 25ºC (4) da una solubilidad teórica de $1,18 \cdot 10^{-2}$ mol/L siendo la solubilidad experimental $1,70 \cdot 10^{-2}$ (5) lo que supone un error por defecto en la solubilidad calculada respecto a la real del 30,6%. Dicho error es pequeño si se compara con el que resulta en otros casos. Según Clark (5) los cálculos de solubilidad según el procedimiento anterior dan resultados menores que los reales en un factor mayor o igual a 5 en el 50% de los casos. Pero si la solubilidad se calcula

en disoluciones 0,1 M del anión (efecto ión común) más del 50% de los resultados son erróneos en un factor mayor que 50.

Meites y col. (6) en un artículo publicado en 1966, muestran claramente que, además de la temperatura, la formación de pares iónicos, la fuerza iónica del medio, y las reacciones secundarias de los iones, tales como las reacciones de hidrólisis o las de formación de complejos, hacen que solo en algunos casos exista una relación sencilla entre la solubilidad S y el producto de solubilidad $K_{ps}$. Dichos autores concluyen que el principio del producto de solubilidad para el cálculo de solubilidades debería aplicarse únicamente a sales en las que la relación molar entre el catión y el anión sea 1:1 como el bromuro de plata y el yoduro de talio ya que solo en estos casos el resultado calculado es próximo al valor real, y que así debería enseñarse a los alumnos.

En el presente trabajo se presenta una práctica de laboratorio, destinada a alumnos universitarios de cursos intermedios, que ilustra la influencia de la fuerza iónica en la solubilidad del hidróxido de calcio. Se ha elegido dicho compuesto porque es barato, no tóxico y presenta una solubilidad tal que permite determinar la concentración de iones en disolución mediante volumetrías ácido-base y/o de formación de complejos. Por otro lado, también es posible estudiar, si se dispone de tiempo para ello, el efecto ión común y la influencia de la temperatura sobre la solubilidad del hidróxido de calcio.

## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

Una definición rigurosa de la constante de equilibrio debe incluir las actividades de los iones que participan en dicho equilibrio. Por tanto para el equilibrio de solubilidad del hidróxido de calcio la expresión del producto de solubilidad debe ser:

$$K_{ps} = a_{Ca} \cdot a_{OH}^{2} = ?_{Ca}\,[Ca^{2+}] \cdot ?_{OH}^{2}[OH]^{2}$$

donde *a* es la actividad de los iones involucrados en el equilibrio y ? son los coeficientes de actividad que permiten relacionar la actividad de un ión con su concentración molar.

Los coeficientes de actividad en disolución acuosa, que dependen de la concentración de iones en la disolución, se calculan empleando la ecuación de Debye-Hückel expandida:

$$\log ? = \frac{-0{,}051 \cdot Z^{2}\sqrt{\mu}}{1 + 3{,}3 \cdot a \cdot \sqrt{\mu}}$$

donde *Z* es la carga del ión, *a* el tamaño del ion hidratado, en nanómetros (4), y $\mu$ la fuerza iónica de la disolución, que depende de la concentración y la carga de los iones presentes en la misma y que se calcula según la expresión:

$$\mu = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{N}\left(C_i \cdot Z_i^2\right)$$

donde $C_i$ es la concentración molar de la especie *i*.

La ecuación de Debye-Hückel es válida para fuerzas iónicas comprendidas entre 0 y 1,0 M. Los coeficientes de actividad, que en disoluciones muy diluidas tienden a valer 1, disminuyen al aumentar la fuerza iónica. Por tanto, según el principio del producto de solubilidad, la concentración de iones en disolución debe aumentar, por lo que, al aumentar la fuerza iónica, aumenta la solubilidad del precipitado.

De acuerdo con la expresión del producto de solubilidad en función de las actividades el cálculo de la solubilidad se haría empleando la expresión siguiente:

$$S = \sqrt[3]{\frac{K_{ps}}{4 \cdot ?_{Ca} \cdot ?_{OH}^2}}$$

Por otro lado, en caso de existir efecto ión común la expresión a emplear teniendo en cuenta las actividades sería:

$$S = \frac{K_{ps}}{?_{Ca} \cdot ?_{OH}^2 \cdot [OH^-]^2}$$

si el efecto ión común es debido a la adición de $OH^-$ a la disolución, mientras que si se añade una sal de calcio la solubilidad se calcula según la expresión:

$$S = \sqrt{\frac{K_{ps}}{4 \cdot ?_{Ca} \cdot ?_{OH}^2 \cdot [Ca^{2+}]}}$$

## 3. MATERIAL Y REACTIVOS

Para la realización de esta práctica se van a utilizar material y reactivos corrientes de laboratorio. El material necesario consiste en:

- Matraces Erlenmeyer de 250 mL con tapón.
- Matraces Erlenmeyer de 100 mL.
- Vasos de precipitado de 100 mL.
- Embudo y papel de filtro Albet 140.
- Buretas de 25 mL.
- Pipetas de 5 mL.
- Agitador magnético.

Los reactivos necesarios son:
- Disolución de ácido clorhídrico 0,02 M.
- Disolución de AEDT 0,01 M.
- Disolución reguladora de pH = 10.
- Fenolftaleína.
- Negro de Eriocromo T.
- Disolución de NaCl 1 M.
- Disolución de $CaCl_2$ 0,1 M.
- Disolución de NaOH 0,1 M.
- Hidróxido de calcio, *Merck*.

## 4. EXPERIMENTAL

El objetivo de la parte experimental es la determinación de la concentración de $Ca^{2+}$ y de $OH^-$ en suspensiones de hidróxido de calcio en distintos medios, con el fin de observar los efectos de la fuerza iónica y del ión común sobre la solubilidad de dicho hidróxido. Para ello, en una serie de ocho matraces erlenmeyer de 250 mL con tapón se ponen 0,5 g de hidróxido de calcio, a continuación se añaden al primero 100 mL de agua destilada, a cada uno de los cinco siguientes 100 mL de disolución de NaCl cuya concentración se hace variar desde 0,05 hasta 0,6 M y, a los dos últimos, 100 mL de disolución de NaOH 0,1 M y de $CaCl_2$ 0,1 M, respectivamente. Se tapan los matraces y se agitan a temperatura ambiente durante una h en un agitador excéntrico. Una vez transcurrido el tiempo de agitación se filtran las disoluciones (embudo y papel) y se recoge el filtrado en un erlenmeyer de 100 mL (son suficientes unos 25 mL de filtrado). Se recomienda hacer las filtraciones de cada suspensión de forma sucesiva para evitar el contacto prolongado de los filtrados con el $CO_2$ atmosférico. Con una pipeta se toman 5,0 mL de filtrado, se ponen en un matraz erlenmeyer de 100 mL, se añaden 25 mL de agua destilada y unas gotas de fenolftaleína, y se valora la disolución con HCl 0,02 M hasta desaparición del color rosa. Otros 5,0 mL de filtrado se valoran con AEDT 0,01 M empleando NET como indicador. Las valoraciones se hacen por duplicado. Determinar la concentración de $Ca^{2+}$ y $OH^-$ en cada disolución. Comparar las solubilidades experimentales con las calculadas. Repetir los cálculos teniendo en cuenta la fuerza iónica de la disolución.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos se recogen en la Tabla 1, donde se exponen las solubilidades experimentales obtenidas a 24º C a partir de las concentraciones de $Ca^{2+}$ y/o $OH^-$ determinadas mediante valoración. En dicha tabla se observa como la solubilidad aumenta al aumentar la fuerza iónica de la disolución y como la solubilidad disminuye por el efecto ión común. La solubilidad del $Ca(OH)_2$ en agua destilada concuerda bien con la solubilidad encontrada en la bibliografía que es $1,70 \cdot 10^{-2}$ mol/L a 25º C.

Tabla 1. *Solubilidad experimental*.

| Disolución | $[OH^-]$ (mol/L) | $[Ca^{2+}]$ (mol/L) | Solubilidad real (mol/L) |
|---|---|---|---|
| Agua destilada | 0,0394 | 0,0196 | 0,0196 |
| NaCl 0,05 M | 0,0440 | 0,0223 | 0,0222 |
| NaCl 0,1 M | 0,0466 | 0,0239 | 0,0236 |
| NaCl 0,2 M | 0,0486 | 0,0250 | 0,0246 |
| NaCl 0,4 M | 0,0538 | 0,0277 | 0,0273 |
| NaCl 0,6 M | 0,0556 | 0,0282 | 0,0280 |
| NaOH 0,1 M | 0,0047 | - | 0,0047 |
| $CaCl_2$ 0,1 M | - | 0,0150 | 0,0150 |

Los cálculos teóricos de solubilidad sin tener en cuenta el efecto de la fuerza iónica para un valor de la $K_{ps} = 6{,}5 \cdot 10^{-6}$ son los que se recogen en la tabla 2 donde a su vez se comparan con los resultados experimentales.

Tabla 2. *Solubilidad calculada sin tener en cuenta la fuerza iónica*

| Disolución | Solubilidad Calculada (mol/L) | Solubilidad Real (mol/L) | Error, % |
|---|---|---|---|
| Agua destilada | 0,0117 | 0,0196 | -40,3 |
| NaOH 0,1 M | 0,00065 | 0,0047 | -86,2 |
| $CaCl_2$ 0,1 M | 0,0081 | 0,015 | -46,0 |

Según se desprende de los datos de la Tabla 2, las diferencias entre la solubilidad calculada, según el principio del producto de solubilidad, teniendo en cuenta en su caso el efecto ión común, y las que se obtienen experimentalmente, son muy grandes. Esas diferencias en el caso del tratamiento con NaOH o $CaCl_2$ podrían explicarse por el efecto de la fuerza iónica de dichas disoluciones, pero llama la atención especialmente el caso del agua destilada, que supuestamente tiene una fuerza iónica muy baja y por tanto la solubilidad calculada y la experimental deberían coincidir en mayor grado. La explicación puede estar en el hecho de que la solubilidad del $Ca(OH)_2$ es relativamente alta de manera que los iones $Ca^{2+}$ y $OH^-$ presentes en disolución generan una fuerza iónica que produce un aumento de la solubilidad del hidróxido del que proceden. Dicho efecto debe tener influencia en todos los casos estudiados. Para comprobar el efecto de la fuerza iónica de los iones generados en el equilibrio de solubilidad hay que recurrir al calculo iterativo empleando una hoja de cálculo, de manera que en primer lugar se calcula la solubilidad teórica para fuerza iónica 0 M y a partir de la solubilidad se recalcula la fuerza iónica que da lugar a un nuevo valor de solubilidad y así sucesivamente hasta obtener un valor de solubilidad constante. El aspecto de la hoja *Excel* es el que se muestra en la Figura 1.

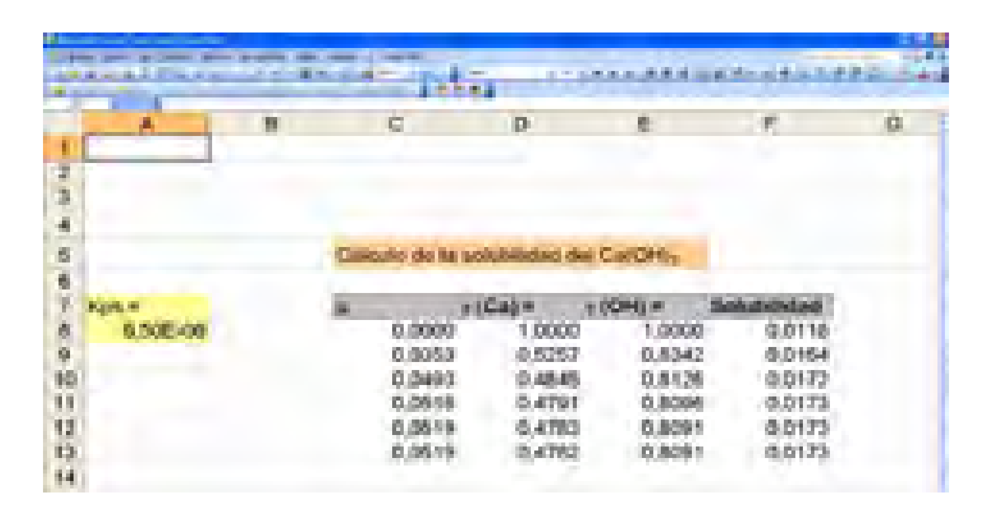



Figura 1. *Cálculo iterativo de la solubilidad empleando Excel.*

En la figura 1 se recogen los valores de los coeficientes de actividad calculados empleando la expresión de Debye-Hückel según los valores de fuerza iónica que se calculan a partir de la solubilidad; dicho cálculo iterativo se ha repetido para todas las disoluciones estudiadas y los resultados se recogen en la tabla 3.

Tabla 3. *Solubilidades calculadas teniendo en cuenta la fuerza iónica mediante cálculo iterativo empleando Excel.*

| **Disolución** | **Fuerza iónica μ (mol/L)** | **Solubilidad calculada (mol/L)** | **Solubilidad real (mol/L)** | **Error %** |
|---|---|---|---|---|
| Agua destilada | 0,0517 | 0,0173 | 0,0196 | -11,7 |
| NaCl 0,05 M | 0,1081 | 0,0194 | 0,0222 | -12,6 |
| NaCl 0,1 M | 0,1621 | 0,0207 | 0,0236 | -12,3 |
| NaCl 0,2 M | 0,2678 | 0,0226 | 0,0246 | -8,1 |
| NaCl 0,4 M | 0,4752 | 0,0251 | 0,0273 | -8,1 |
| NaCl 0,6 M | 0,6802 | 0,0267 | 0,0280 | -4,6 |
| NaOH 0,1 M | 0,1087 | 0,0029 | 0,0047 | -38,3 |
| $CaCl_2$ 0,1 M | 0,3342 | 0,0114 | 0,0150 | -24,0 |

Como puede observarse en la Tabla 3, las diferencias entre las solubilidades calculadas y las reales disminuyen considerablemente si se tiene en cuenta en el cálculo la fuerza iónica. Dichas diferencias siguen siendo muy acusadas en los casos en que existe ión común. Las diferencias observadas pueden ser debidas al tipo de filtro utilizado, ya que éste, puede dejar pasar partículas de hidróxido de calcio que

hacen que la solubilidad experimental sea mayor de la esperada. Por otro lado pueden existir equilibrios de formación de pares iónicos que hacen aumentar la solubilidad real y éstos no se han tenido en cuenta en los cálculos.

## 6. CONCLUSIONES

Como conclusión se puede señalar la necesidad de tener en cuenta la fuerza iónica del medio a la hora de minimizar los errores cuando se realizan cálculos de solubilidad empleando el principio del producto de solubilidad. Esto puede complicar los cálculos ya que deben hacerse mediante repeticiones que pueden realizarse de manera rápida y sencilla empleando hojas de cálculo como *Excel*.

## REFERENCIAS


1. R.H. Petrucci, W.S. Harwood, F.G. Herring, *Química General*, Prentice Hall, Madrid (2003).
2. C.E. Housecroft, A.G. Sharpe, *Inorganic Chemistry*, Prentice Hall, Harlow (2001).
3. D.C. Harris, *Análisis Químico Cuantitativo,* 2ª Ed, Reverté, Barcelona (2001).
4. D.A. Skoog, D.M. West, F.J. Holler, S.R. Crouch, *Química Analítica,* 7 ªEd., Mc Graw-Hill, Mexico (2001).
5. R.W. Clark, J.M. Bonicamp, *J. Chem. Educ.*, **1998**, Vol. 75, 1182.
6. L. Meites, J.S.F. Podes, H.C. Thomas, *J. Chem. Educ.*, **1966**, Vol. 43, 667.

# ACTIVIDADES SOBRE VISIÓN DEL COLOR Y ANÁLISIS DE ESPECTROS EN EDUCACIÓN SECUNDARIA

***M. Tura Puigvert Masó* [1], *Àngels Llaveria Escolar* [2]**
[1]IES Alexandre Satorras, Velòdrom, 37, 08304 Mataró, mpuigver@xtec.net
[2]Escola GEM C. Àvila, 25, 08304 Mataró, allaveria@yahoo.es

*El estudio científico del color es un tema poco tratado en las clases de Ciencias y, además, en Educación Secundaria, los contenidos están dispersos en materias diferentes con poca coordinación entre ellas, por lo que es difícil que los alumnos construyan de forma significativa un modelo coherente sobre color. Al finalizar el Bachillerato las ideas acerca de la percepción, la detección y la medida del color apenas se han introducido. La visualización de unos cuantos colores acompañados de sendos espectrogramas de reflectancia y de absorbancia, resulta una herramienta útil para el profesorado y puede convertirse en un buen recurso para las clases de Ciencias.*

## 1. INTRODUCCIÓN

No podemos imaginar un mundo sin colores puesto que los colores son fundamentales en la vida de todos los seres vivos. En los animales, por ejemplo, el amarillo y el rojo, en general, despiertan mecanismos de defensa, de advertencia o de cortejo y el azul en el plumaje o en el pico de ciertas aves resulta un reclamo sexual. La lucha por la supervivencia ha desarrollado en los animales una serie de estrategias, muchas de ellas basadas en el color.

Para las personas, el color es una palabra que despierta fantasía; es un elemento sugestivo e indispensable para obtener una imagen completa de la realidad. La percepción de la forma, de la profundidad o del claroscuro está muy unida a la percepción de los colores.

En todos los niveles educativos, la realización de actividades con intervención de luz y color forma parte de los temas interdisciplinarios más apasionantes. Parece ser que una temática tan atractiva debería tener una presencia relevante en los programas escolares ya que la motivación en el alumnado está garantizada. No obstante, la realidad nos revela que el color es un tema transversal poco tratado como tal, bien por ser poco conocido científicamente por el profesorado que lo ha de impartir, bien porque no se ha valorado su importancia desde la ordenación curricular. En las unidades de Óptica, el estudio del color se realiza de manera colateral y, generalmente, en Educación Secundaria, el color es tratado con poco rigor científico desde la propia materia de Física. Solamente en educación visual y plástica se tratan aspectos muy concretos de la luz y del color con vistas a su aplicación a la pintura.

Desde la interpretación de la naturaleza de la luz hasta las aplicaciones prácticas más cercanas a la vida cotidiana existe un amplio abanico de contenidos a desarrollar en varias materias propias de la Educación Secundaria. Contenidos como la

fotometría, los espectros, la percepción visual y la descomposición de la luz se dan de forma inconexa, en materias diferentes y sin ninguna coordinación entre ellas, con lo cual es difícil que el alumno pueda construir de forma significativa un modelo coherente sobre color.

La interdisciplinariedad de algunos contenidos, tales como educación para la salud, educación ambiental, fuentes de energía y recursos naturales, está contemplada explícitamente en el programa LOGSE. Quizás ahora es el momento de considerar también la coordinación de otro tipo de contenidos transversales: el color y sus aplicaciones podría ser uno de ellos.

## 2. EL COLOR DESDE UNA PERSPECTIVA DE ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA. FÍSICA Y QUÍMICA EN SU CONTEXTO

Si observamos nuestro entorno descubrimos un mundo de colores. Seducido por los colores de la naturaleza, el hombre ha intentado desde siempre la reproducción de estos colores dando expresión a sus obras de arte. Un reto aceptado por los humanos desde la Prehistoria es encontrar la materia adecuada para generar color de manera perdurable y aplicarlo a pinturas, a telas y a utensilios de la vida cotidiana. Desde la utilización directa de materiales de nuestro entorno, cuyo origen puede ser animal, vegetal o mineral, hasta las aplicaciones de pigmentos y colorantes sintéticos, desarrollados por la industria química, la historia de las aplicaciones del color nos abre un amplio abanico de posibilidades para la construcción de unidades didácticas sobre ciencia en su contexto.

Para el Bachillerato, la adaptación del proyecto de Química Salters (1) ha sido una aportación muy positiva para la enseñanza de las Ciencias. Su estructura innovadora presenta la química desde una perspectiva CTS, donde en cada unidad se secuencian una serie de actividades y contenidos conceptuales a partir de una temática concreta. Las *Chemical storylines*, traducidas al español como lecturas de Ciencia y Sociedad, fueron seleccionadas con mucho acierto, resultando realmente motivadoras para los alumnos. Hay que reconocer también el esfuerzo realizado por los autores para incluir todos los contenidos conceptuales obligatorios e introducirlos desde las propias lecturas, motoivando así la necesidad de comprender los conceptos químicos. Con este planteamiento de la Química, se muestra cómo el conocimiento científico puede fundamentar muchas decisiones de repercusión social que como ciudadanos debemos tomar después de haber recibido una buena información.

La unidad *Color per diseny* (2) forma parte del proyecto íntegro de Química Salters pero, por limitaciones de nuestro plan de estudios, no ha podido ser integrada en los bachilleratos actuales. Por esta razón, la clasificamos como unidad adicional, la cual juntamente con la unidad *Química dels medicaments* (3) actualmente se están utilizando de manera fragmentada para trabajos de ampliación de química de bachillerato, concretamente para el *Treball de recerca*, como referente para preparar unidades de adaptación curricular en cuarto de ESO, y en cursos de formación de profesorado (3).

En el caso de los primeros niveles educativos no existe un proyecto tan desarrollado como en Bachillerato. Las distintas iniciativas de innovación pedagógica deberían ser coordinadas y dadas a conocer para que sus aportaciones sean realidad en las aulas. Ahora, que se aproximan cambios educativos, sería el momento de introducir estas aportaciones en el currículum escolar.

Podríamos utilizar la importancia que desde la infancia se da al color, para iniciar una cultura referente al color con más base científica. Las actividades de experimentación que se pueden realizar basadas en la observación de la iluminación, de las superficies pintadas, de las telas coloreadas y de cantidad de objetos personales nos permiten construir modelos sobre la naturaleza del color.

Existen temáticas interesantes que podrían ser utilizadas para explicar científicamente la luz y el color. Algunas de ellas son: la astronomía, la mineralogía, la pirotecnia, los instrumentos ópticos, la luminotecnia, la cosmética y la peluquería, los efectos visuales y la construcción de decorados en teatro y cine, el color de los alimentos, las ilusiones ópticas y la percepción visual, la tintura y la estampación, la pigmentación de los animales y de los vegetales, etc. La introducción de actividades escolares a partir de estos temas facilita que todos nos planteemos preguntas e intentemos dar respuesta a cuestiones que implicarán una mejora en la cultura científica de la comunidad escolar.

Citemos algunas cuestiones sobre color que deberían ser objeto de las clases de Ciencias: ¿a qué se deben los colores de cielo, de las nubes y del mar?, ¿a qué se deben los cambios que se pueden observar durante un eclipse de Sol y durante un eclipse de Luna?, ¿tienen colores distintos las estrellas?, ¿todas las luces se pueden descomponer en todos los colores del arco iris?, ¿cómo se forman los colores en la pantalla del ordenador?, ¿por qué el té cambia de color cuando le añadimos un trozo de limón y el color de la col lombarda cuando le añadimos vinagre?, ¿todas las telas se tiñen igual?, ¿por qué hay telas que pierden su color al ser expuestas a la luz?, ¿se obtiene el mismo color mezclando pinturas azul y amarilla que haciendo incidir luz azul y luz amarilla sobre el mismo punto?, ¿cómo se ve una superficie azul iluminada con luz de sodio?, ¿por qué cambian los colores de las hojas en otoño? El tema es muy amplio e interdisciplinario, hay trabajo para muchos profesionales de la enseñanza y quedan muchas parcelas de buenas actividades a desarrollar.

## 3. LA VISIÓN DEL COLOR. ADICIÓN Y SUSTRACCIÓN DE COLOR. TRICROMÍA

El proceso neuropsicológico de la visión es extraordinariamente complejo. Para realizar un estudio completo y riguroso se requiere la intervención de diversidad de especialidades: Óptica Física, Química Orgánica, Fisiología, Neurología, Psicología, Expresión Visual y Plástica.

¿Podemos hacer algo en la Educación Secundaria para que este atractivo campo de la Ciencia esté más presente en los nuevos diseños curriculares?

Más allá de la captación del espectro electromagnético de la luz blanca, se puede analizar el color desde el punto de vista físico, desde el punto de vista químico e intentar cuantificarlo desde la perspectiva de la percepción tricromática. Así, desde distintos frentes, nos aproximamos un poco a la comprensión del proceso de la visión humana del color, el cual se inicia en los conos de la retina, con complejas reacciones fotoquímicas específicas para cada tipo de cono.

Ya se han diseñado múltiples actividades para iniciar la comprensión de la tricromía y las firmas suministradoras de material didáctico ofrecen algunos materiales útiles para ello como colecciones de filtros, distintos tipos de lámparas, redes de difracción, espectroscopios, etc. La comprensión de la tricromía se puede iniciar con actividades aparentemente lúdicas encendiendo y apagando focos de distintos colores para la observación de la adición de colores, superponiendo filtros y mezclando pinturas para comprender la sustracción de color así como observando en una pantalla de ordenador la mezcla luces que se emite para sintetizar cada color.

En este sentido las nuevas tecnologías resultan extraordinariamente útiles. El manejo de *applets* y demás programas de simulación, juntamente con la realización de actividades en pantalla en el entorno de los programas de dibujo, nos familiarizan sin enigmas con la composición tricromática de los colores, con la cuantificación de cada color y con la conversión de coordenadas RGB a CMY (4).

## 4. ACTIVIDADES DE ANÁLISIS DE ESPECTROS VISIBLES Y COMPRENSIÓN DEL COLOR DE LAS SUSTANCIAS

La presentación simultánea de cómo se ve el color en un sólido y la forma de los espectros que se producen por reflectancia y por absorbancia de luz estándar, puede resultar una herramienta útil para el profesorado de Ciencias.

Con esta idea hemos pedido colaboración a expertos en pigmentos inorgánicos del departamento de investigación y desarrollo de una empresa dedicada a la producción de pigmentos que colabora con el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Barcelona (5). A partir de pigmentos puros y de mezclas de ellos se ha preparado una colección de plásticos de diferentes colores y se ha obtenido de cada uno de ellos el espectrograma de reflectancia y de absorbancia.

Para este texto hemos seleccionado dos colores de esta colección para mostrar cómo se pueden utilizar en una clase de ciencias. En una actividad tan simple se consolidan conocimientos sobre la naturaleza policromática de la luz, sobre la relación entre la radiación absorbida y la radiación reflejada por una superficie opaca, y sobre la interpretación de espectrogramas desde la tricromía propia de los humanos.

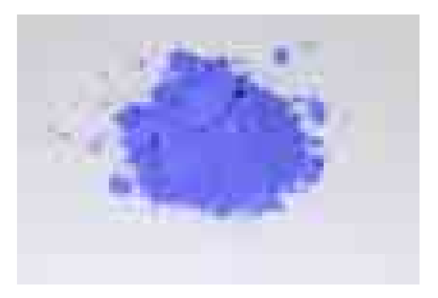
### 4.1. Azul de ultramar

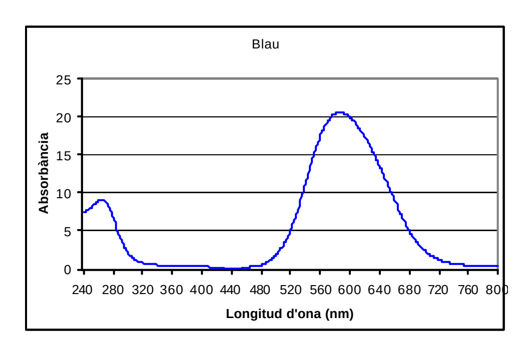
El azul ultramar tiene la misma composición química que el lapislázuli. Su estructura se compone de $SiO_2$ , $Al_2O_3$, S y $Na_2O$. Era un pigmento que en el siglo XX se añadía al último aclarado de la ropa blanca para que recuperara la blancura

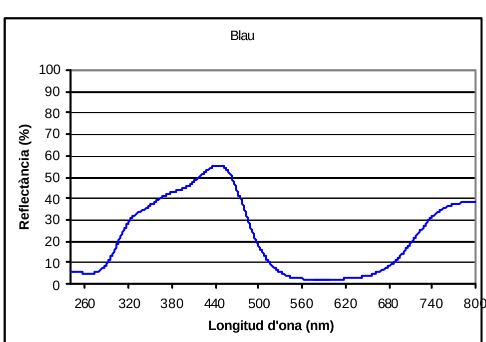
perdida por el envejecimiento de la tela. Actualmente se usa para dar color a materiales de construcción, pinturas y plásticos.

Observando el color del pigmento azul ultramar, podemos inferir que su espectro debe tener una zona de absorción alejada de la zona azul y que, por el contrario, la zona de reflectancia debe ser predominantemente en el azul

Los máximos de absorbancia se encuentran en 270nm, correspondiente a luz ultravioleta, no visible, y en 580nm, longitud de onda del color naranja, color complementario del azul. En el espectro de reflectancia los máximos se encuentran en 460nm, correspondiente al color añil, y en 800nm, zona de la luz infrarroja. También se puede deducir que este tipo de azul no es puro sino que se observará con una tonalidad desplazada hacia el rojo ya que la zona verde queda totalmente anulada, lo cual no ocurre con la zona roja.






Pig*mento azul ultramar en polvo y espectros de reflectancia y de absorbancia*

### 4.2. Amarillo de cromo

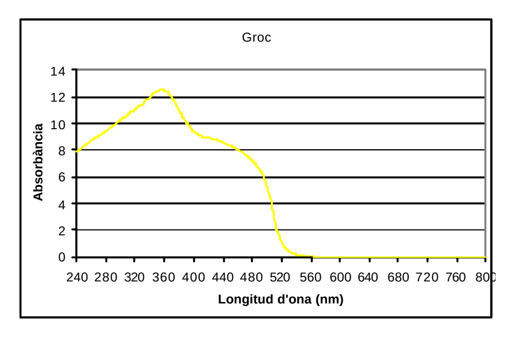
El cromato de plomo es un pigmento amarillo, de color muy llamativo, que se ha usado desde su descubrimiento por los pintores -recordemos los girasoles de Vincent van Gogh- y, hasta hace poco, era el pigmento más utilizado en señalización de carreteras. Actualmente su uso está muy restringido debido a su alta toxicidad.

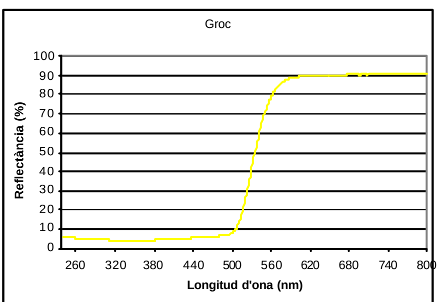
Observando el color del pigmento amarillo de cromo, podemos inferir que su espectro debe tener una zona de absorción alejada de la zona de los amarillos y que,

por el contrario, la zona de reflectancia debe situarse predominantemente en el amarillo.

El máximo de absorbancia se encuentran en 360 nm, fuera de la zona visible, y se ensancha hasta más allá de los 500 nm, banda de azules y violetas, colores complementarios del amarillo. En el espectro de reflectancia el máximo se inicia más allá de los 550 nm y ocupa desde el amarillo hasta el rojo. También se puede deducir que este tipo de amarillo no es puro sino que se observará con una tonalidad desplazada hacia el rojo lo cual dará un color amarillo anaranjado.






*Amarillo de plomo en polvo y espectros de reflectancia y absorbancia.*

## 5. CONCLUSIONES

Los colores son muy importantes en nuestra vida cotidiana: colorantes, pigmentos para pinturas, tejidos, plásticos, materiales de construcción, cosméticos. Puesto que se trata de un tema tan vital debería estar más presente en nuestras clases.

Por experiencia sabemos que la Óptica es una materia interesante y que en especial las referencias al color atraen la atención de los estudiantes desde muchos puntos de vista. En la planificación escolar, hay que tener presente que las actividades con sombras, luces, espectros, filtros o efectos del color, deben ser realizadas más de una vez en los diferentes niveles educativos, de forma que la ideas maduren al compás del desarrollo evolutivo de los estudiantes.

En Química, todos hemos comprobado la motivación de los alumnos ante los cambios de color que se producen en las sustancias. Actividades lúdicas, tales como pintura y tintura, pueden ser iniciadas desde los primeros niveles acompañándolas de la interpretación científica propia para cada edad.

Los objetivos de las clases de Ciencias han cambiado y la educación en Ciencias ya no es exclusiva para alumnos que van a la Universidad. En los niveles no universitarios es fundamental el enfoque de las ciencias con objetivos centrados en la formación básica para la ciudadanía y como fuente de inspiración para futuras profesiones. Por esta razón, al tratar del color deberíamos plantearnos qué preparación científica básica se necesita para profesiones como pintura, tintura, fotografía, luminotecnia, infografía, diseño gráfico, óptica, teatro, interiorismo, cromoterapia, cosmética, pirotecnia, etc.

A pesar de que los últimos cambios legislativos no han favorecido la innovación en enseñanza de las Ciencias, es un hecho que, desde la práctica docente, año tras año renovamos la metodología y adaptamos la selección de los contenidos en función de la realidad cambiante y de las nuevas necesidades que surgen en las aulas. Actualmente consideramos que la necesidad de provocar la reflexión científica desde la propia experiencia cotidiana junto con la obligación moral de formar ciudadanos responsables deberían ser objetivos prioritarios de todo el profesorado de ciencias. La comprensión y producción de textos basados en conocimientos científicos, el dominio del lenguaje científico y la utilización de los métodos propios de la ciencia están siendo tareas tan importantes en las clases de ciencias como las actividades enfocadas exclusivamente a la resolución de problemas numéricos.

Sería deseable que la realidad diaria se reflejara en cambios en la ordenación curricular y que hubiera más coherencia entre las propuestas innovadoras y lo que la Administración exige.

La innovación concreta que presentamos ha consistido en confeccionar un nuevo recurso para el estudio del color consistente en una colección de colores, obtenidos como aplicación de pigmentos en plástico, acompañados de sendos espectrogramas de reflectancia y de absorbancia. Es una herramienta útil para que el profesorado de Ciencias pueda establecer relaciones entre el color y los espectros.

**REFERENCIAS**

1. Grup Salters, *Química Salters. Batxillerat. Materials de treball. 8 unitats didàctiques*, Generalitat de Catalunya, Departament d'Educació, Barcelona (1999).
2. Grup Salters, *Química Salters. Batxillerat. Materials de treball. Color per disseny*, Generalitat de Catalunya, Departament d'Educació, Barcelona (2003).
3. M. T. Puigvert, J. Corominas, A. Llaveria, A Caamaño, *La química del color i les medicines: l'aproximació Salters a la química de Batxillerat, VI Simposi sobre l'Ensenyament de les Ciències de la Natura, Llibre d'actes*, pp. 500-502, Balaguer (2002).
4. M.T. Puigvert, *Revista del Col·legi de Drs. i Llicenciats*, **2000**, nº 111, 55.

5. R.M. Melià, O.Plana, *La síntesi additiva i subtractiva de colors i les noves tecnologies. VII Simposi sobre l'Ensenyament de les Ciències naturals. Llibre de ponències, comunicacions i tallers,* pp. 271-276, Tortosa (2005).
6. P. Molera, M. del Valle, R. March, *Color i pigments*, *Revista de la Societat Catalana de Química*, **2003,** nº 4.

# Parte IV

# El Medio Ambiente en la Enseñanza de la Física y la Química

# ASPECTOS DIDÁCTICOS DE LA ELECTROQUÍMICA EN RELACIÓN CON EL MEDIO AMBIENTE

***Mª. Ángeles de la Plaza, Mª Cruz Izquierdo, Fernando Peral, Mª. Dolores Troitiño***
Departamento de Ciencias y Técnicas Fisicoquímicas, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Paseo Senda del Rey 9, 28040 Madrid
mplaza@ccia.uned.es, mizquierdo@ccia.uned.es., fperal@ccia.uned.es, mtroitino@ccia.uned.es

*Se discuten algunos aspectos de la enseñanza de la Electroquímica, destacando su carácter interdisciplinar entre la Física y la Química, sus numerosas aplicaciones prácticas en la vida cotidiana y su proyección en el desarrollo de nuevas fuentes de energía y procesos industriales respetuosos con el medio ambiente.*

## 1. INTRODUCCIÓN

El tema de esta comunicación ha sido elegido por considerar que en él se integran varios aspectos didácticos que estimamos de gran interés (10), tales como la interrelación de la Física y la Química, la introducción de nuevos contenidos recomendados por la Asociación Nacional de Químicos de España y otros organismos para la enseñanza de estas materias en educación secundaria (20), la motivación de los alumnos de distintos niveles educativos en relación con el medio ambiente y la vida cotidiana, y el reto que supone la utilización creciente de nuevas fuentes alternativas de energía con las que las nuevas generaciones deberán estar cada vez más familiarizadas. Sin olvidar la figura del profesor, que debe promover una formación que evite que se produzca una separación cada vez mayor entre la Ciencia que se explica en el aula y la Ciencia presente en la vida cotidiana.

## 2. CARÁCTER INTERDISCIPLINAR DE LA ELECTROQUÍMICA

La Electroquímica forma parte de la vida cotidiana cada vez en mayor medida y sus aplicaciones abarcan hoy en día numerosos campos no imaginados por los antiguos estudiosos de esta disciplina, que nació en la frontera entre la Física y la Química y que actualmente forma parte del área de conocimiento de la Química Física. Se puede afirmar, de forma muy general, que la Electroquímica se ocupa del modo en el que la *electricidad* produce cambios químicos y de cómo, a su vez, dichos cambios pueden dar lugar a la producción de energía eléctrica. Esta interacción constituye la base de una gran cantidad de hechos que abarcan desde problemas básicos asociados a la conversión y almacenamiento de energía, hasta la interpretación de muchos fenómenos biológicos, pasando por el estudio de la corrosión, el diseño de métodos para el análisis y eliminación de contaminantes o el estudio de procesos de alta repercusión tecnológica y económica que condicionan nuestra vida.

La transferencia de electrones de una molécula a otra constituye uno de los procesos básicos en el desarrollo de la vida y por ello es obvia su implicación en cualquier proceso de tipo biológico que ocurra en lo que, en términos genéricos, conocemos como medio ambiente. En muchos casos, esta transferencia de electrones puede realizarse sobre una superficie electrificada o electrodo, lo que abre unas amplias perspectivas en el uso de las reacciones electródicas para el tratamiento o destrucción de sustancias contaminantes.

## 3. INCIDENCIA DE LA ELECTROQUÍMICA EN EL MEDIO AMBIENTE

La búsqueda de alternativas para mejorar el medio ambiente es urgente. El deterioro, voluntario o involuntario, de nuestro entorno ha ido creciendo hasta el punto en que la salud de las personas y la integridad de los ecosistemas se están viendo seriamente amenazadas.

Desde las últimas décadas del pasado siglo, la sociedad se ha convencido de que el medio ambiente debe ser protegido, lo que ha llevado a los Estados a dotarse de una legislación más restrictiva para regular las emisiones a la atmósfera, las descargas de contaminantes en las aguas y el abandono de sólidos en la superficie. No podemos dejar de mencionar que el 16 de febrero de este año ha entrado en vigor el protocolo de Kioto. Su objetivo es reducir las emisiones de *efecto invernadero* que causan el cambio climático. Pese a que Estados Unidos, el principal emisor, rechaza incorporarse al protocolo, 30 países industrializados, entre ellos España, se han comprometido a recortar sus emisiones hasta lograr una bajada del 5,2% respecto a 1990. Por tanto, es urgente conseguir procesos químicos más limpios, para lo que se necesitan nuevas tecnologías que minimicen los daños en el medio ambiente.

Reflexionando un poco, es fácil percatarse de que la mayoría de las sustancias contaminantes del medio ambiente son susceptibles de sufrir reacciones de reducción o de oxidación. Muchos compuestos orgánicos tóxicos pueden ser oxidados (incluso hasta $CO_2$) con lo que pierden su toxicidad. También algunos compuestos inorgánicos, como por ejemplo los compuestos de cromo (VI), son sumamente tóxicos, mientras que en la forma de Cr (III) la toxicidad disminuye. Es decir, una simple transferencia de electrones cambia su estado de oxidación y con ello su geometría y su toxicidad.

Sobre esta base resulta muy conveniente instruir a los alumnos en que la tecnología electroquímica puede contribuir a mejorar, de distintas maneras, el medio ambiente (3,4) como se expresa de forma esquemática en la Figura 1, en la que se destacan los siguientes puntos:

- *Generación de productos químicos.* La electrólisis tiene diversas ventajas, como son: trabajar con gran selectividad y con un considerable ahorro energético; no emplear reactivos tóxicos ni peligrosos; evitar los efluentes difíciles; trabajar en condiciones, generalmente, mucho más suaves, y permitir obtener los productos químicos *in situ,* evitando un transporte que implica un peligro añadido.

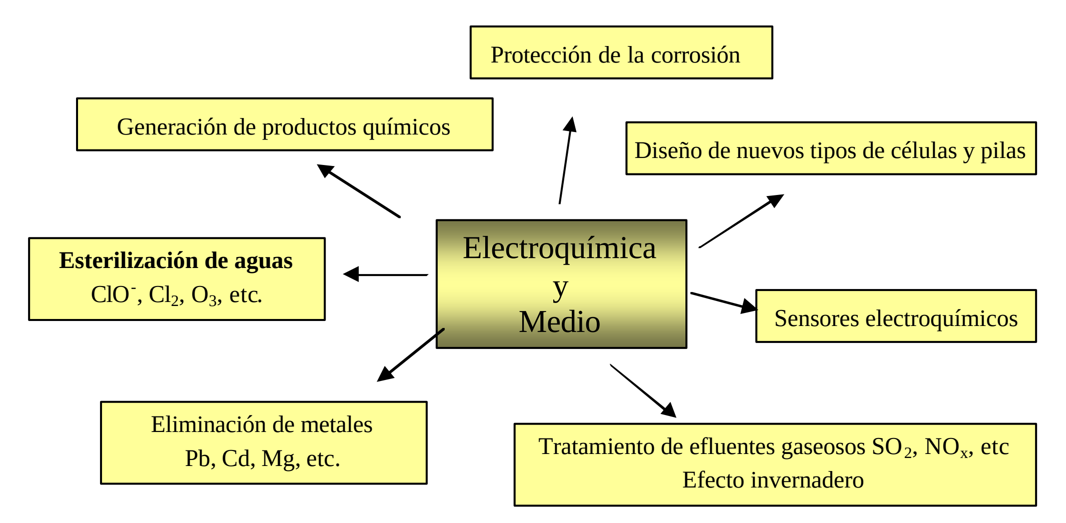



Figura 1. *Contribuciones de la Electroquímica al Medio Ambiente.*

- *Generación de energía más limpia*. Las pilas de combustible ofrecen una manera limpia de convertir combustible en energía. Esto representa una alternativa a los motores de explosión que funcionan con hidrocarburos, utilizados por automóviles, aviones, etc.

- *Mejora de la calidad del agua.* Existen procesos electroquímicos que permiten eliminar sales, bacterias e iones orgánicos y metálicos del agua.

- *Tratamiento de efluentes.* Se pueden utilizar distintos tipos de células y sistemas, para eliminar iones metálicos, tales como los presentes en los vertidos.

- *Mejora de la atmósfera.* Por ejemplo, para la eliminación de gases ácidos de la descarga de residuos gaseosos a través de las chimeneas o de compuestos orgánicos en la atmósfera.

- *Sensores*. Los dispositivos electroquímicos son especialmente apropiados para monitorizar y analizar los vertidos industriales y urbanos

- *Protección de la corrosión*. La corrosión es la destrucción de los metales por la oxidación debida a un medio agresivo, por lo que debe extremarse su prevención.

## 4. VENTAJAS DE LA ELECTROQUÍMICA

La Electroquímica ofrece una serie de beneficios que, en muchos casos, posibilitan procesos no contaminantes. En estos procesos se minimiza la cantidad de desechos emitidos al medio ambiente con el diseño de pasos en donde, tanto la cantidad de subproductos, como el consumo de materias primas y de energía, sean los mínimos. En este contexto, las principales ventajas que ofrece la Electroquímica son:

- *Compatibilidad con el medio ambiente.* El principal reactivo usado en la Electroquímica es el electrón, el cual, en sí mismo, es un reactivo limpio.

- *Eficiencia termodinámica.* Los procesos electroquímicos tienen, en general, altas eficiencias termodinámicas, por lo que sus requisitos energéticos son, en muchos casos, menores que en otros procesos.
- *Costo.* De entre los reductores que se utilizan normalmente, los electrones tienen el menor costo por unidad de carga. Asimismo, los reactores electroquímicos requieren, normalmente, pocas (ó ninguna) partes en movimiento, por lo que suelen ser mecánicamente simples y su mantenimiento resulta relativamente sencillo.
- *Versatilidad.* Los reactores electroquímicos pueden usarse para llevar a cabo oxidaciones, reducciones, tratar líquidos contaminados, gases (previamente disueltos) y suelos. Sirven también para producir sustancias desinfectantes, como cloro, dióxido de cloro, ozono o peróxido de hidrógeno.
- *Facilidad de automatización.* Las principales variables manejadas en los reactores electroquímicos son la *intensidad de corriente* y el *voltaje*, las cuales son ideales para la automatización y el control de los procesos.
- *Condiciones ventajosas.* A diferencia de otras técnicas (como por ejemplo la incineración o la oxidación húmeda), las condiciones requeridas en los reactores electroquímicos son, generalmente, cercanas a las del ambiente, con el consiguiente ahorro energético y sencillez de diseño y construcción.
- *Selectividad.* La combinación adecuada de condiciones experimentales y de los materiales de los electrodos, membranas, potencial y corriente, pueden producir procesos sumamente selectivos, en donde se evita desperdiciar energía así como subproductos que, además de indeseables, obligan a etapas de separación costosas.

## 5. INCONVENIENTES DEL USO DE LA ELECTROQUÍMICA

Pese a sus ventajas evidentes, también existe una serie de inconvenientes a vencer para optimizar el uso de los procesos electroquímicos en los casos anteriores. Por ejemplo:

- En muchos casos, los materiales electródicos se pueden erosionar, formar complejos, oxidar, desgastar o inactivar durante el trabajo.
- Dado que la mayor parte de las reacciones se realizan en medios acuosos, las reacciones de reducción y oxidación del agua son, generalmente, difíciles de evitar, por lo que se origina una pérdida de eficiencia energética.
- Los gases producidos por esta descomposición electrolítica del agua (hidrógeno y oxígeno) pueden formar mezclas explosivas que es necesario evitar.
- Hay que asumir costes adicionales debidos a la electricidad en sí misma, a las inversiones iniciales y a los metales nobles utilizados en los materiales más selectivos y resistentes.

A continuación resaltaremos, únicamente, algunos de los distintos apartados reseñados en la Figura 1, porque consideramos que, desde el punto de vista didáctico, son los más apropiadas para los diversos niveles de enseñanza de la Química y para nuevas licenciaturas tales como la de Ciencias Ambientales. La mayoría de estos

temas se basan en conocimientos que son fácilmente comprensibles por los alumnos, como son: diferencias entre conductores electrónicos y electrolíticos, leyes de Faraday, diferencias entre pila galvánica y célula electrolítica, reacciones redox, ecuación de Nernst, potenciales de electrodo, convenios para el signo de potencial de un electrodo, electrodo de referencia, corrosión, y realización de pilas y acumuladores.

## 6. ASPECTOS DIDÁCTICOS DE LAS PILAS Y BATERÍAS

El almacenamiento económico y eficiente de la energía eléctrica sigue siendo un gran reto científico. Cualquier avance en esta área repercutirá en los siguientes logros:

- Disminución de pérdidas de energía.
- Impulso a las energías renovables.
- Reducción de la producción de $CO_2$.
- Menor dependencia de los combustibles fósiles.
- Desarrollo de vehículos eléctricos.
- Desarrollo de la producción descentralizada de energía.

Las pilas y baterías representan una de las formas más importantes de almacenar electricidad y como tales forman parte de contenidos esenciales en la didáctica de la Electroquímica en los diferentes niveles educativos. En este sentido, podrían considerarse como objetivos básicos de aprendizaje los siguientes:

- Clasificar las pilas en primarias y secundarias.
- Reconocer que las pilas primarias están basadas en una reacción química irreversible y no son recargables, y proponer ejemplos de la vida cotidiana.
- Reconocer que las pilas secundarias utilizan una reacción química reversible y son recargables, y proponer ejemplos de la vida cotidiana.
- Definir un acumulador o batería como cualquier elemento productor de energía eléctrica basado en una o varias pilas secundarias.

Otros objetivos educativos más directamente relacionados con el medio ambiente podrían ser:

- Comprender los costos del reciclado para la recuperación de los componentes metálicos.
- Reconocer que, en muchos casos, resulta más rentable económicamente el depósito en un vertedero de seguridad que el reciclado, aunque ello implique dejar una mala herencia para nuestros descendientes.

## 7. ASPECTOS DIDÁCTICOS DE LAS PILAS DE COMBUSTIBLE

En este tipo de pilas, la electricidad se obtiene mediante una reacción de oxidación electroquímica entre un combustible y el oxígeno, sin que se queme dicho combustible. Su principal característica es que constituyen una fuente de energía limpia, y prácticamente inagotable, mientras sean alimentadas con combustible. Como consecuencia, se asemejan más a un motor que a una batería y son capaces de producir

energía durante un periodo de tiempo más prolongado. La enseñanza de sus principales características puede basarse en los objetivos siguientes:

- Conocer el dispositivo básico, formado por dos electrodos separados por un electrolito que permite el paso de los iones pero no de los electrones.
- Identificar el electrodo negativo o ánodo como lugar de oxidación del combustible (normalmente $H_2$, aunque puede ser también metanol, gas natural, CO, hidracina y alcoholes), y el electrodo positivo o cátodo como lugar de reducción del oxígeno del aire.
- Reconocer que las claves del futuro industrial de las pilas de combustión son la producción, almacenaje y transporte del hidrógeno, que previsiblemente sentarán las bases de una nueva economía en sustitución del petróleo (5).
- Discutir los problemas relacionados con la producción del hidrógeno y conocer que las fuentes posibles por ahora son: el procedimiento basado en el gas de agua, el reformado del gas natural y de la gasolina, y la producción electrolítica preferentemente llevada a cabo en grandes centrales hidroeléctricas.

En lo posible, sería interesante recurrir a equipos didácticos de demostración y estudio de la tecnología de las pilas de combustible para alumnos de enseñanza secundaria y universitaria, como los que están comercializados en nuestro país (6).

Una de las aplicaciones más novedosas de estas pilas, y que puede ser de especial interés para los alumnos, es el desarrollo de los *vehículos eléctricos*, como una alternativa eficiente a los motores de combustión. En relación con este tema pueden proponerse los siguientes objetivos didácticos:

- Establecer los efectos beneficiosos que puede tener en nuestras ciudades el cambio paulatino de coches con motores de combustión interna por coches de motor eléctrico alimentados por pilas de combustible (7).
- Conocer que en todos los países industrializados se están llevando a cabo esfuerzos de financiación para la producción y suministro de hidrógeno para automoción, por ejemplo con destino a autobuses no contaminantes.

## 8. ASPECTOS DIDÁCTICOS DE LOS SENSORES APLICADOS PARA MEJORAR EL MEDIO AMBIENTE

El propósito de un sensor químico es suministrar, en tiempo real, información fidedigna acerca, en este caso, de la composición química del medio ambiente (8). Para la enseñanza de este tema podemos centrar la atención en los siguientes aspectos:

- Hacer hincapié en que la nariz, la lengua, los ojos, los oídos y los dedos son nuestros sensores a imitar.
- Indicar que el papel de pH usado en el laboratorio actúa como un sensor que cambia de color por la presencia o ausencia de un ácido. También actúa como un sensor el pH-metro, que es un dispositivo electroquímico que mide la acidez mediante una respuesta eléctrica que se puede leer, bien por el movimiento de una aguja sobre una escala o por una lectura digital.

- Mostrar que la evolución de los sistemas electrónicos ha permitido importantes avances en el desarrollo e imitación de los sentidos.
- Explicar cómo funciona una nariz electrónica y cómo puede detectar olores y vapores.
- Resaltar, entre otras importantes aplicaciones, el control de olores en vehículos, trenes, autobuses, aviones, edificios, fábricas, etc., que constituye un buen sistema de detección de fugas de gases tóxicos y una importante ayuda para mantener limpio el medio ambiente.

## 9. ASPECTOS DIDÁCTICOS DE LA PROTECCIÓN DE LA CORROSIÓN

El último punto a tratar es la corrosión, de gran importancia tanto en el ámbito científico como en el económico. Es además un tema que a los alumnos les resulta muy interesante, ya que lo ven amenudo a su alrededor, como en los barrotes de una barandilla, en los coches, en las verjas y puertas metálicas de un jardín, etc. Aquí propondríamos los siguiente objetivos didácticos:

- Concienciar al alumno de la importancia que tiene la corrosión en relación con el medio ambiente.
- Resaltar que la corrosión es la destrucción de un material por el efecto de la interacción con el medio ambiente y que, en el caso de los metales, es debido a la acción electroquímica del medio sobre ellos.
- Conocer los diferentes métodos para proteger los metales de la corrosión como son las técnicas de anodizado, el uso de pinturas anticorrosivas, la protección catódica, el ánodo de sacrificio, etc., pero resaltando que el mejor método anticorrosivo es cuidar el medio ambiente para que no sea agresivo con los materiales (9).

De todo lo expuesto anteriormente podemos concluir que lo más importante es concienciar al alumno de la incidencia que la Ciencia y la Tecnología y, en particular, la Electroquímica tienen en la vida actual. Y esto es labor del profesorado. Hoy más que nunca es necesario dar a los alumnos una formación científica y tecnológica adecuada que les proporcione conocimientos para intervenir con criterio frente a los problemas a los que se enfrenta la sociedad actual.

## REFERENCIAS

1. M. C. Izquierdo, F. Peral, M. A. de la Plaza, M. D. Troitiño, *La Electroquímica y el medio ambiente*, UNED, Madrid (2001), y la pagina web http://www.uned.es/pea-electroquimica-y-medio-ambiente/

2. La Enseñanza de la Física y la Química en Educación Secundaria, *Química e Industria*, **2004**, 539.

3. M. E. Sastre de Vicente (coord.), *Electroquímica y Medio ambiente en el umbral del siglo XXI*, Universidad de A Coruña (1994).

4. J. González-García, V. García, J. Iniesta, V. Montiel y A. Aldaz, *Química e Industria*, **2001**, 557 y 625.

5. J. Rifkin, *La economía del hidrógeno*, Ed. Paidós, Madrid (2002).
6. Heliocentris, *Fuel cell technology for middle and secondary schools*, representada por *Ventus Ciencia Experimental*, Madrid (2003).
7. J. F. Fullea, F. T. López, J. C. Amasorrain, M. Sanzberro, *El vehículo eléctrico*, Ed. McGraw-Hill, Madrid (1997).
8. A. M. Hayka, M. del Valle, S. Alegret, *Sensores Electroquímicos*, Universidad Autónoma de Barcelona (2004).
9. E. Otero, *Corrosión y degradación de materiales*, Ed. Síntesis, Madrid (2001).

# RECICLADO DE LOS ACUMULADORES DE PLOMO: UN EJEMPLO DE INTERACCIÓN POSITIVA ENTRE LA QUÍMICA Y EL MEDIO AMBIENTE

***Idoia Ruiz de Larramendi*[1], *José Ignacio Ruiz de Larramendi*[2]**
[1] Departamento de Química Inorgánica, Facultad de Ciencia y Tecnología
Universidad del País Vasco, Bº Sarriena s/n, 48940 Leioa, Bizkaia. qibruvii@lg.ehu.es
[2] Departamento de Química Inorgánica, Facultad de Farmacia
Universidad del País Vasco, Paseo de la Universidad nº 7, 01006 Vitoria-Gasteiz
qipruloj@vf.ehu.es

*La vida útil estimada de un acumulador de automóvil está en torno a los seis años y cada año se destinan más de cinco millones de toneladas de Pb en su fabricación. Una concentración de 1$\mu\cdot m^{-3}$ de Pb en el aire produce una concentración entre 1 y 2 $\mu g\cdot dl^{-1}$ en el torrente sanguíneo de las personas. Teniendo en cuenta estos datos, con el reciclado de los acumuladores se colabora de manera excelente en la mejora de la calidad de vida y se contribuye al desarrollo sostenible.*

## 1. INTRODUCCIÓN

El proceso de reciclado es un elemento esencial del desarrollo sostenible y posibilita una utilización racional de recursos naturales escasos, o que pudieran escasear, como el Pb (1). El proceso de reciclado presenta grandes ventajas:

- *Mayor duración de los recursos naturales*. Los recursos naturales son finitos y este límite está relacionado con su ritmo de utilización. De ahí que los procesos de reciclado aumenten la duración de los yacimientos. En el caso de los acumuladores de Pb las cifras son relevantes:

Tabla 1. *Producción estimada de acumuladores de Pb para automóviles (1999)*.

| País | Producción (x $10^6$) | % del total |
|---|---|---|
| EE.UU. | 117 | 40.3 |
| Europa | 87 | 30.0 |
| Japón | 36.2 | 12.5 |
| Otros Países | 49.8 | 17.2 |
| **Total** | **290** | **100** |

- *Menor costo*. La utilización de materiales de segunda fusión permite gastar menos, ya que los procesos son más baratos que los de recuperación de minerales primarios y disminuye la producción de desechos, especialmente los de extracción primaria.

- *Conservación de la energía*. Los procesos de reciclado permiten la producción de metales con apenas un 25% de la energía utilizada en los procesos primarios.

Además de estos aspectos, comunes a todos los procesos de reciclado de metales, en el caso del Pb hay otros factores importantes que hacen que su reciclado sea aún más aconsejable a los efectos de la protección del medio ambiente: toxicidad para el medio ambiente y la salud humana (2), facilidad para su reciclado por su bajo punto de fusión, y un gran mercado (tabla 1).

## 2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS ACUMULADORES DE PLOMO

Un acumulador eléctrico está constituido por un electrolito, un elemento y un contenedor que permite almacenar la energía eléctrica en forma de energía química y liberarla cuando se conecta con un circuito de consumo externo.

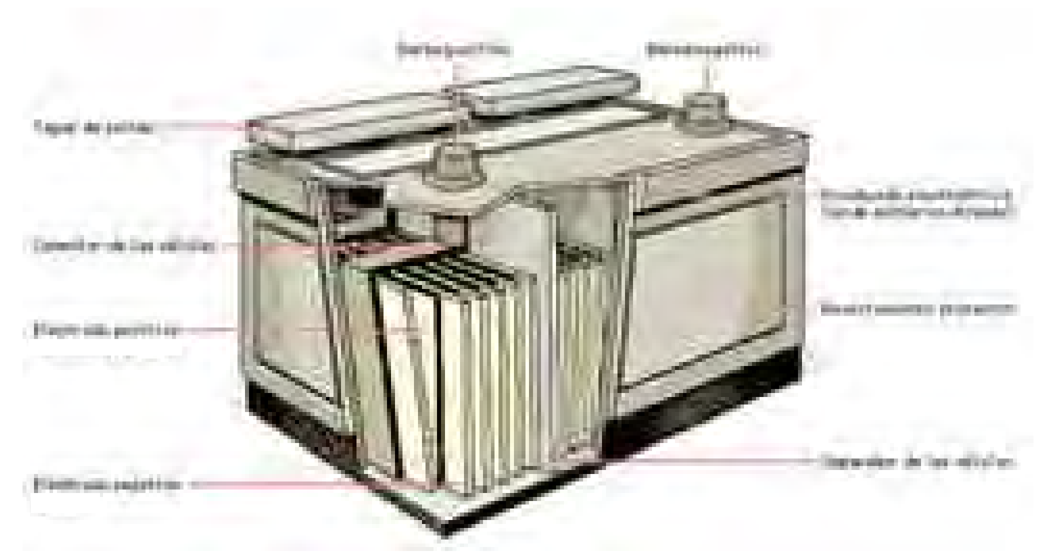


Figura 1. *Componentes y estructura interna de los acumuladores de plomo.*

Un acumulador de Pb típico consta de los siguientes elementos:

- *Bornes positivo y negativo:* Son de Pb, y es el lugar en que se conectan los dispositivos de consumo de electricidad externa.
- *Tapones:* Uno por cada elemento de acumulador, cierran el lugar donde se reemplaza el agua destilada o desionizada siempre que sea necesario. También constituyen una vía de escape para los gases que puedan formarse en las celdas.
- *Conectores:* Están hechos de Pb. Efectúa el contacto eléctrico entre placas de igual polaridad y también entre elementos separados.
- *Tapas de salida y revestimiento protector:* Hasta hace unos años se fabricaban de ebonita, en la actualidad son de polipropileno o de un copolímero.
- *Solución de $H_2SO_4$*. Es el electrolito del acumulador.

- *Separadores de elementos:* Generalmente forman parte de la caja y están hechos del mismo material. Proporcionan aislamiento químico y eléctrico entre los elementos. Se conectan en serie para aumentar el voltaje final del acumulador.

- *Separadores de placas:* Están hechos de PVC u otro material poroso. Evitan el contacto físico entre dos placas contiguas, pero al mismo tiempo permiten el libre desplazamiento de los iones en la solución del electrolito.

- *Placas negativas:* Están formadas por una rejilla de Pb recubierta por una pasta de $PbO_2$.

- *Placas positivas:* Están constituidas por placas de Pb.

- *Elemento del acumulador:* Es una serie de placas negativas y positivas colocadas consecutivamente y aisladas entre sí por separadores de placas. Las placas de igual polaridad están conectadas eléctricamente.

Las placas del acumulador se fabrican en Pb que puede contener también otros elementos químicos, como Sb, As, Bi, Cd, Cu, Ca, Ag, Sn u otros. En el proceso de fabricación de las placas también se utiliza material inerte, como $BaSO_4$, negro de humo y lignina que se añaden para prevenir la contracción de la placa.

Un elemento estándar del acumulador tiene entre 13 y 15 placas y puede producir 2 V de gran amperaje. Un acumulador tipo de automóvil tiene seis elementos en serie que producen (2 V x 6 elementos) 12 V.

Cuando un acumulador suministra energía eléctrica a un dispositivo externo se producen simultáneamente distintas reacciones químicas. En las placas positivas (cátodo) se produce una semirreacción reductora cuando el $PbO_2$ se convierte en $PbSO_4$. Por otra parte, en las placas negativas (ánodo) tiene lugar una semirreacción de oxidación y el Pb se convierte en $PbSO_4$. El electrolito, $H_2SO_4$, aporta los iones $SO_4^{2-}$ para ambas semirreacciones y actúa como puente químico entre ellas. A cada $e^-$ generado en el ánodo corresponde un electrón consumido en el cátodo:

‡nodo (oxid.) $$Pb(s) + SO_4^{2-}(ac) \longrightarrow PbSO_4(s) + 2\,e^-$$

c‡todo (red.) $$PbO_2(s) + SO_4^{2-}(ac) + 4\,H^+(ac) + 2\,e^- \longrightarrow PbSO_4(s) + 2\,H_2O$$

neta $$Pb(s) + PbO_2(s) + 4\,H^+(ac) + 2SO_4^{2-}(ac) \longrightarrow 2\,PbSO_4(s) + 2\,H_2O$$

## 3. RECICLADO DE LOS COMPONENTES INORGÁNICOS

Podemos distinguir tres procesos principales:

- Apertura de los acumuladores.
- Reducción del plomo.
- Refino o purificación del plomo.

### 3.1. Apertura del acumulador

Es imprescindible drenar los acumuladores antes de que entren en el proceso de reciclado, ya que el electrolito ácido crea algunas complicaciones en el proceso de fusión-reducción del Pb.

Los acumuladores se deben abrir antes del reciclado porque:

- aumenta el porcentaje de producción de Pb y disminuyen las escorias,
- se puede producir Pb blando (con bajo contenido en Sb o sin As), así como Pb con Sb,
- cabe la posibilidad de recuperar polipropileno, y
- se simplifica el tratamiento de los gases del horno.

En el proceso moderno de apertura de acumuladores, el contacto humano se reduce al mínimo posible (3); los acumuladores se reciben en la planta de reciclado y por medio de cintas transportadoras se llevan a la trituradora de martillo u otros mecanismos de trituración que los dividen en pequeños trozos.

A continuación, los óxidos y sulfatos de Pb se separan hidráulicamente de los demás materiales gracias a un sistema de cedazos de movimiento variable.

Después de estas etapas de separación, la capa orgánica vuelve a separarse en desechos de polipropileno (desechos orgánicos ligeros) y en separadores y ebonita (desechos orgánicos pesados). Los compuestos de Pb y las partes metálicas se introducen en el horno (proceso continuo) o se almacenan a la espera de su posterior procesamiento.

### 3.2. Reducción del plomo

La chatarra obtenida a partir del proceso de apertura de los acumuladores consiste en una mezcla de varias sustancias: Pb, PbO, $PbSO_4$, y otros metales, como Ca, Cu, Sb, As, Sn y, en ocasiones Ag. Para aislar el Pb de esa mezcla se aplican dos métodos: métodos pirometalúrgicos, y métodos hidrometalúrgicos.

#### 3.2.1. Métodos pirometalúrgicos

Consisten en reducir todos los compuestos de cationes metálicos a sus formas metálicas, mediante calentamiento y la adición de agentes fundentes y reductores.

Antes de la fundición se puede desulfurar la pasta de $PbSO_4$ adicionando una mezcla de $Na_2CO_3$ e NaOH, dándose la reacción:

$$2\ PbSO_4(s) + Na_2CO_3(l) + 2\ NaOH(l) \longrightarrow 2\ PbO(s) + 2\ Na_2SO_4(l) + CO_2(g)$$

El agente desulfurante puede ser también el $Fe_2O_3$ o la piedra caliza ($CaCO_3$):

$$3\ PbSO_4(s) + Fe_2O_3(s) \longrightarrow 3\ PbO(s) + Fe_2(SO_4)_3(l)$$

$$2\ PbSO_4(s) + CaCO_3(s) \longrightarrow 2\ PbO(s) + PbCO_3(s) + 2\ CaSO_4(s) + CO_2(g)$$

El $PbCO_3$ tiene una gran tendencia a formar carbonatos básicos de composición variable con la concentración, la temperatura, etc. Este procedimiento reduce el volumen de formación de escoria y también, según el método de fundición utilizado, la cantidad de $SO_2$ (g) que se desprende a la atmósfera (4).

El electrolito ácido debe tratarse también antes de que su contenido en Pb sea enviado al horno de fundición, neutralizando la solución del electrolito con NaOH:

$$H_2SO_4(ac) + PbSO_4(ac) + 4\ NaOH(ac) \longrightarrow Pb(OH)_2(s) + 2\ Na_2SO_4(ac) + 2\ H_2O$$

Aunque el $PbSO_4$ es ligeramente soluble en $H_2SO_4$, una parte se puede encontrar precipitado (Kps = $2{,}3\cdot10^{-8}$). En cualquier caso, el precipitado evolucionara al $Pb(OH)_2$ ya que es mucho más insoluble (Kps = $2{,}5\cdot10^{-16}$). El $Pb(OH)_2$ se extrae por filtración o decantación y se envía al horno. La solución que queda, $Na_2SO_4$(ac), se puede seguir purificando para finalmente aislar en grado de gran pureza.

La fracción metálica y los compuestos de Pb derivados de los procesos de desulfuración y neutralización pasan al horno y se funden con agentes fundentes ($CaCO_3$ o $Na_2CO_3$) y reductores (coque u otra fuente natural de carbón):

$$CO_2(g) + C(s) \rightleftharpoons 2\ CO(g)$$

$$PbO(s) + CO(g) \xrightarrow{800\text{-}1000\,°C} Pb(l) + CO_2(g)$$

en tanto que el $PbSO_4$ se transforma en sulfuro:

$$PbSO_4(s) + 4\ CO(g) \xrightarrow{800\text{-}1000\,°C} PbS(s) + 4\ CO_2(g)$$

El PbS se separa del Pb fundido por orden de densidades (parte superior). Los agentes fundentes, que se derriten a una temperatura inferior a la de fusión de los compuestos de Pb, sirven no sólo para bajar la temperatura de fusión del Pb, sino también para aportar un solvente líquido que atrapa los compuestos indeseables durante los procesos de fundición y reducción (5). A medida que el fundente comienza a contaminarse con todo tipo de impurezas provenientes del proceso de fundición, comienza también la formación de escorias.

Si el fundente utilizado es el $CaCO_3$, se forman escorias no lixiviables, lo que equivale a desechos más tolerables para el medio ambiente. La compactación de escorias supone controlar bien las etapas de fusión-reducción-refino o afino. Las escorias de sodio, provenientes de la utilización de $Na_2CO_3$, no tiene uso alguno, dadas sus propiedades físicas y químicas, por lo que se elimina en vertederos de desechos peligrosos. Las escorias de calcio se utilizan como materia prima en la producción de cemento para la construcción de carreteras, la fabricación de ladrillos y otros usos, con resultados prometedores.

### 3.2.2. Métodos hidrometalúrgicos

El objetivo de los métodos hidrometalúrgicos es reducir selectivamente todos los compuestos de Pb a Pb°.

Las reacciones de obtención de CaO, $Ca(OH)_2$ y extracción de sulfatos son

$$CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$$

$$CaO(s) + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2(ac)$$

$$H_2SO_4(ac) + Ca(OH)_2(ac) \longrightarrow CaSO_4(s) + 2\ H_2O$$

La electrolisis final deposita el Pb en forma de materia esponjosa, que se separa y se comprime para formar laminillas de Pb puro (99,9%).

## 3.3. Refino o purificación del plomo

Si la actividad de la planta de fundición sólo llega a la etapa de fusión y reducción, se producirá lo que se conoce como Pb endurecido o antimonial. Si la planta está destinada a producir Pb blanco, el Pb de obra debe ser sometido a un proceso de refino, cuya finalidad es extraer casi todo el Cu, el Sb, el As y el Sn, ya que el Pb blanco estándar no puede contener más de 10 g de estos metales por tonelada.

Hay dos métodos de refino: métodos hidrometalúrgicos, ya descritos, y procesos pirometalúrgicos que se describen a continuación.

### 3.3.1. Refino pirometalúrgico

La purificación térmica se realiza en fase líquida, (temperatura > 327ºC, que es la de fusión del Pb). El concepto químico en que se basa el proceso de refino consiste en añadir reactivos específicos al Pb fundido a temperaturas adecuadas. Esos reactivos extraerán los metales no deseados en un orden específico, ya que se van adicionando selectivamente.

El Cu es el primer elemento en un procedimiento de dos etapas. En la primera se extrae casi todo el Cu en forma de espumas de CuS, añadiendo S al Pb fundido a 450ºC. En la segunda se extrae todo el Cu restante añadiendo pequeñas cantidades de S al Pb fundido a 330ºC hasta que cesa toda reacción.

$$Cu(s) + S(l) \longrightarrow CuS(s)$$

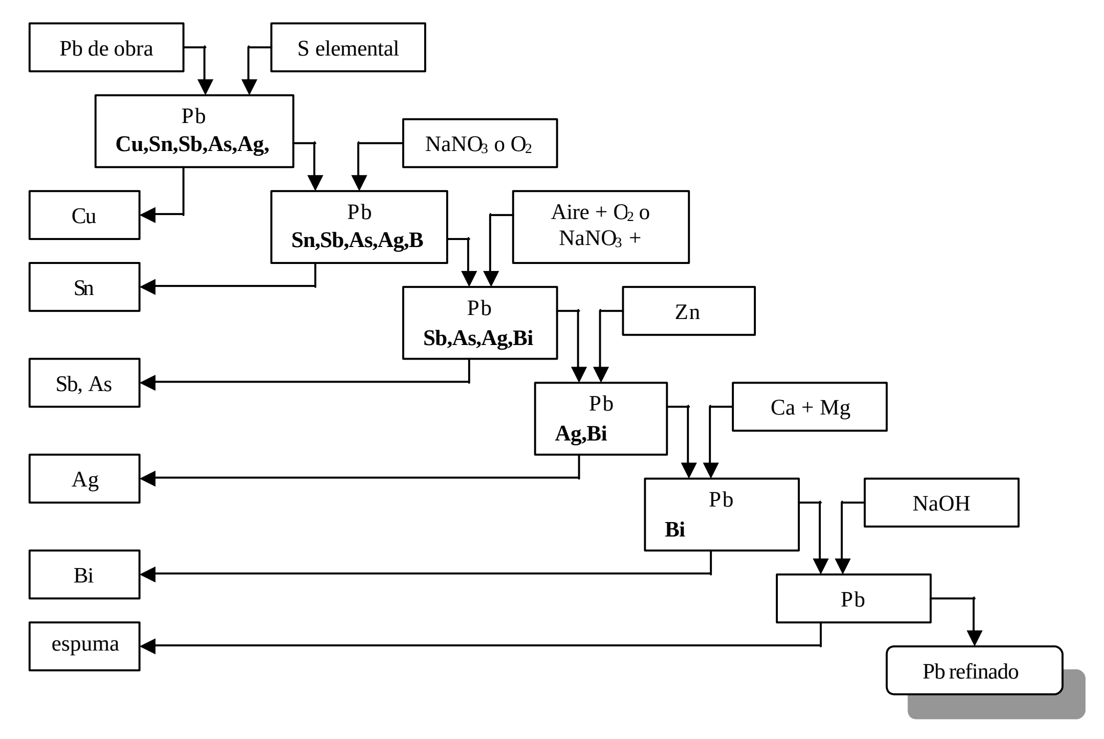



Figura 2. *Refino pirometalúrgico del plomo*.

Para extraer el Sn se añade, con agitación, un poco de $NaNO_3$. Si queda algún residuo de Sn, se puede extraer inyectando aire:

$$Sn\,(l) + 2\,NaNO_3(s\text{-}l) \longrightarrow SnO_2(s) + 2\,NaNO_2\,(d)$$

$$Sn(l) + O_2(g) \longrightarrow SnO_2(s)$$

El As y el Sb se extraen mecánicamente mediante oxidación con aire enriquecido con oxígeno o una mezcla de $NaNO_3$ y NaOH. La temperatura del Pb fundido se eleva hasta 550ºC y se insufla un chorro de aire enriquecido con oxígeno. La reacción es marcadamente exotérmica, por lo que la temperatura aumenta rápidamente a 650ºC. Las espumas resultantes son una mezcla de óxidos (25% de Sb, 10% de As y 65% de Pb).

$$As_4(s) + 3\,O_2(g) \longrightarrow As_4O_6(g)$$

$$2\,Sb_2(s) + 3\,O_2(g) \longrightarrow Sb_4O_6(s)$$

A continuación se extrae la Ag, aprovechando la solubilidad preferente de la Ag en Zn fundido en vez del Pb fundido. Por tanto, se añade Zn metálico al Pb fundido a 470ºC y la mezcla se deja enfriar hasta los 325ºC. Se separa una aleación de Ag, Pb y Zn, que forma una costra en la superficie. Se saca la costra y el Zn se separa de la Ag por destilación a vacío. La plata en bruto se refina por medio de $O_2$ para producir Ag de ley. Del Pb desprovisto de Ag se extrae el Zn residual mediante destilación a vacío.

Por último, se extrae el Bi mediante el tratamiento con una mezcla de Ca y Mg, formándose una aleación de Ca, Mg y Bi que sobrenada en la superficie del Pb fundido que se extrae. Esta costra se oxida y se sigue refinando para producir Bi de gran pureza.

El Pb fundido se trata entonces con NaOH para eliminar todas las impurezas restantes, y finalmente se funde en bloques o lingotes (6).

## 4. RECICLADO DE LOS COMPONENTES ORGÁNICOS

Podemos distinguir dos procesos

- Reciclado de materia orgánica pesada.
- Reciclado del polipropileno.

### 4.1. Reciclado de materia orgánica pesada

La materia orgánica pesada está formada por separadores de placas y ebonita; el 50% de su masa consiste en C, lo que significa que esta materia orgánica puede usarse como agente reductor en el horno. Este uso implica disminuir la cantidad de otros agentes reductores y el volumen de desechos. Aunque el proceso presenta inconvenientes tales como menos escorias fluidas, formación de alquitrán, etc.

### 4.2. Reciclado del polipropileno

El polipropileno es un producto tan valioso que por sí solo podría costear la apertura de acumuladores de Pb. Por lo tanto, el reciclado de los componentes plásticos debe considerarse una actividad rentable que, lamentablemente, no está generalizada.

## REFERENCIAS

1. A. Arnau, *El medio ambiente. Problemas y soluciones*, Miraguano, Madrid (2000).

2. J.I.R. Larramendi, en *Didáctica de la Química y Vida Cotidiana*, Sección de Publicaciones de la ETS de Ingenieros industriales de la U.P.M., Madrid (2003).

3. Conferencia de las partes en el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos, Ginebra (2002).

4. T.G. Spiro, W. Stigliani, *Química Medioambiental*, Ed. Pearson, Madrid (2004).

5. M.E. Henstock, *The recycling of non.ferrous metals*, Ed. CIME, Ginegra (1996).

6. G.C. Pimental, J.A. Coonrod, *Química: presente y futuro,* Mc Graw-Hill, México (1995).

# EL PAPEL DE LA QUÍMICA EN LA DIDÁCTICA DE LA ECOLOGÍA

***Consuelo Escolástico León, Mª. del Pilar Cabildo Miranda***
Departamento de Química Orgánica y Bio-Orgánica, Facultad de Ciencias, UNED
Senda del Rey 9, 28040 Madrid. cescolastico@ccia.uned.es, pcabildo@ccia.uned.es

*La Química juega un papel importante en la didáctica de la Ecología ya que todos los procesos metabólicos y fisiológicos de los organismos vivos dependen de reacciones químicas. Un buen conocimiento en Química ayuda a la Ecología a comprender aspectos tan importantes como la composición y estructura de la materia, permitiendo estudiar mejor la influencia de los factores ambientales sobre los organismos. En esta presentación se hace referencia a los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes de gran importancia para el funcionamiento y desarrollo de los organismos y de los ecosistemas, así como una breve descripción de una rama de la Ecología: la Ecología Química.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La Ecología moderna se define como *la Ciencia que se encarga del estudio de las relaciones que los organismos, incluida la especie humana, mantienen entre sí, con los de su misma especie y con organismos de otras especies y con su medio ambiente.* Es evidente que en dichas relaciones se produce, en la mayoría de los casos, un intercambio de energía y materia, y para poder explicar los diferentes procesos que tienen lugar se recurre a la Química.

Es por todos aceptado que la Química juega un papel central en el entendimiento del mundo de la naturaleza, ya que se utiliza para explicar la estructura y función de las moléculas necesarias para la vida tales como las proteínas, ácidos nucleicos o carbohidratos, o que la cinética y termodinámica química son utilizadas para explicar las rutas metabólicas o la energía utilizada durante el metabolismo. Pero hay que dar un mayor reconocimiento a la Química sobre el papel que juega en el estudio y la enseñanza de la Ecología, puesto que no sólo interviene en los procesos químicos a nivel de los organismos individuales sino en todos los procesos que tienen lugar en los ecosistemas, en la atmósfera, en la hidrosfera y en la geosfera.

En la didáctica actual de la Ecología se tratan obligatoriamente temas que son de crucial importancia para conocer los efectos sobre el mantenimiento de las especies o de los ecosistemas tales como:

- El papel de los nutrientes que necesitan las plantas para su desarrollo.
- Los ciclos biogeoquímicos en la naturaleza.
- Los impactos ecológicos antropogénicos.

Curiosamente, el primero es un tema de Química del Suelo y los dos segundos de Química Ambiental. También la Química forma parte de otros temas de Ecología

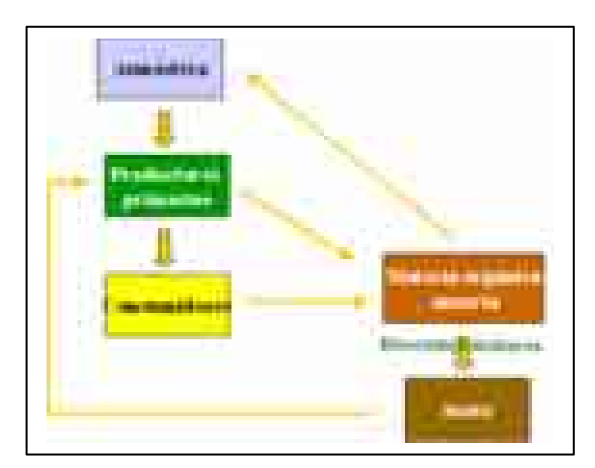
transversalmente, ya que el estudio de muchos procesos ecológicos pasa por el estudio de los productos naturales, donde la Química Orgánica y la Química de productos naturales son elementos imprescindibles. Por otra parte, la Ecología, como otras ciencias en su desarrollo se ha ido ramificando y en la actualidad se conocen muchas vertientes de la Ecología. De este modo, ha surgido en las últimas décadas la llamada Ecología Química.

A continuación se expone una breve descripción de algunos temas puramente químicos abordados en Ecología.

## 2. NUTRIENTES UTILIZADOS POR LAS PLANTAS

Los seres vivos necesitan para su desarrollo del orden de 30 a 40 elementos químicos, en cantidades variables. Los ***macronutrientes*** (C, N, P, O, S, H, Na, K, Mg, Ca, y Cl) son aquellos elementos que los organismos necesitan en grandes cantidades, mientras que los ***micronutrientes*** (Mo, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, B, Se,..) son elementos también imprescindibles que se requieren en menor cantidad.

Los macronutrientes y micronutrientes que necesitan las plantas provienen de la atmósfera o de minerales liberados al suelo por meteorización de las rocas. Los nutrientes minerales que se encuentran en el suelo en forma de iónes disueltos ($NH_4^+$, $NO_3^-$, $PO_4^{3-}$, $Ca^{2+}$, $K^+$, etc) son absorbidos por las raíces de las plantas mediante difusión y transportados a través de las membranas mediante un mecanismo de transporte activo. Una vez asimilados por las plantas, los nutrientes entran en la cadena trófica.



Con el tiempo, los nutrientes del suelo se van agotando, pero son restituidos por la difusión de agua y nutrientes procedentes de áreas con una mayor concentración. Las plantas no pueden absorber directamente estos nutrientes (hidratos de carbono y proteínas), teniendo que ser fragmentados y transformados en compuestos inorgánicos por los *descomponedores*. Las bacterias y hongos son los responsables de digerir los compuestos orgánicos y liberar los nutrientes minerales en forma de compuestos inorgánicos que pueden ser utilizados por las plantas; este proceso se denomina *mineralización*. Los descomponedores, a su vez, reducen la cantidad de nutrientes disponibles para las plantas, puesto que necesitan nutrientes que toman del suelo en un proceso llamado *inmovilización*. Como resultado la disponibilidad de nutrientes para las plantas o *mineralización neta* es la diferencia entre la tasa de mineralización y la tasa de inmovilización de nutrientes.

Por consiguiente, aunque en la corteza terrestre existe abundancia de estos elementos, la disponibilidad de los mismos es limitada, ya que no siempre están accesibles. Por ello, han de reciclarse continuamente para estar disponibles de forma que puedan ser asimilados por los diferentes seres vivos.

## 3. CICLOS BIOGEOQUÍMICOS Y SU DESESTABILIZACIÓN POR IMPACTOS ANTROPOGÉNICOS

La biosfera constituye la reserva biótica de los elementos y trata de retenerlos el mayor tiempo posible en sus estructuras. Los ciclos biogeoquímicos de los elementos comprenden una serie de caminos realizados por la materia que escapa de la biosfera a través de otros sistemas, como la atmósfera, la hidrosfera o litosfera, antes de regresar a ella.

Durante millones de años los ciclos biogeoquímicos se han repetido sin cesar, dando lugar a un determinado equilibrio ecológico que ha condicionado las distintas formas de vida que actualmente se conocen sobre la Tierra. Los ciclos biogeoquímicos están perfectamente regulados por diversas realimentaciones y en ellos se encuentran implicados el ciclo del agua o los procesos vitales de fotosíntesis y respiración.

A partir de la revolución industrial, no hace más de cien años, las actividades humanas relacionadas con el uso de los recursos naturales han puesto en peligro los ciclos biogeoquímicos desestabilizando sus delicados mecanismos de autorregulación.

Los seis elementos más importantes son: hidrógeno, carbono, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre, ya que estos elementos representan el 95% de los constituyentes de la materia viva.

### 3.1. Ciclo del carbono

El carbono en un elemento esencial de la biosfera ya que es el componente principal de la materia viviente. El ciclo del carbono es de suma importancia para la para la fotosíntesis, así como para la regulación del clima de la Tierra.

Mediante la **fotosíntesis**, uno de los procesos más fascinantes que tiene lugar en la naturaleza, el carbono es retenido, y mediante la respiración es devuelto a la atmósfera. La fotosíntesis es un proceso anabólico que consiste en transformar la materia inorgánica en orgánica, utilizando para ello la energía luminosa que queda transformada en la energía química de los enlaces de las sustancias orgánicas obtenidas. Los productos finales de la fotosíntesis son moléculas orgánicas muy variadas, como la glucosa, $C_6H_{12}O_6$:

$$CO_2 + \text{Clorofila} + \text{Energía luminosa} + \text{sales minerales} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + O_2\uparrow$$

Dentro de la biosfera, los animales se alimentan de plantas. Este alimento se oxida biológicamente para producir dióxido de carbono y agua. Este proceso se denomina respiración y su mecanismo supone una degradación de la energía, que tras ser utilizada en los procesos vitales se transforma en calor:

$$C_6H_{12}O_6 + O_2 \rightarrow CO_2\uparrow + H_2O$$

En el océano tiene lugar también otro ciclo de características similares. Ello es lógico puesto que el océano contiene grandes cantidades de $CO_2$ disuelto. Por tanto, los animales de la tierra y del mar devuelven el $CO_2$ a la atmósfera y a la hidrosfera.




Otro proceso de oxidación biológica se efectúa en los suelos de la litosfera y en la hidrosfera, e incluye la descomposición de materia muerta vegetal o animal. Por lo general, esta descomposición se logra mediante microorganismos y bacterias, y en la mayoría de los casos se produce $CO_2$ y $H_2O$ y de esta forma se cierra el ciclo.

Hay otros gases que también participan en el ciclo del carbono, como el metano, $CH_4$, y el monóxido de carbono, CO, que también están presentes en la atmósfera aunque en concentraciones mucho menores. Tanto el $CO_2$ como el $CH_4$ son gases de efecto invernadero.

El ciclo del carbono es muy frágil y puede romperse por distintas causas. Así, por ejemplo, las erupciones volcánicas, la quema de biomasa, la deforestación y, sobre todo, la combustión de carburantes fósiles, pueden añadir importantes cantidades de $CO_2$ a la atmósfera y, por tanto, desequilibrar el ciclo de este elemento, originando el calentamiento global del Planeta.

**3.2. Ciclo del nitrógeno**

El nitrógeno como el carbono, es un ingrediente básico de los organismos vivos. Se encuentra, por ejemplo, en el ADN, en las proteínas y en la clorofila. El nitrógeno comparte otra característica importante del carbono: es muy común. Pero casi todo este nitrógeno atmosférico es nitrógeno molecular, $N_2$.

El nitrógeno molecular no puede ser metabolizado por la mayoría de los organismos vivos. Sólo se hace biológicamente activo cuando se produce una *fijación de nitrógeno* y es convertido a distinta forma molecular, principalmente ion amonio, $NH_4^+$, y nitrato, $NO_3^-$. La asimilación de nitrógeno es catalizada por la enzima nitrogenasa, capaz de transformar el nitrógeno molecular en ion amonio ($NH_4^+$).

$$N_2 + 8\,H^+ + 6\,e^- \rightarrow 2\,NH_4^+$$

En el suelo, el ion amonio es oxidado por la intervención de bacterias nitrificantes, las cuales transforman esta especie química en nitrato, dejando el suelo ácido. El proceso global se denomina *nitrificación*:

$$2\,NH_4^+ + 3\,O_2 \rightarrow 2\,NO_3^- + 8\,H^+$$

A su vez, el nitrato puede disolverse en las aguas subterráneas y unirse con las aguas superficiales. Otra posibilidad es que los nitratos se vuelvan a transformar en nitrógeno, cerrándose el ciclo. Este proceso se denomina *desnitrificación* y hay bacterias que catalizan la oxidación de materia orgánica por parte del ion nitrato, con lo que este a su vez se reduce, ya sea totalmente para dar nitrógeno gas, o bien parcialmente para dar óxidos nitrosos.

$$5\,C_6H_{12}O_6 + 24\,NO_3^- \rightarrow 30\,CO_2 + 18\,H_2O + 24\,OH^- + 12\,N_2\uparrow$$

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,NO_3^- \rightarrow 6\,CO_2 + 3\,H_2O + 6\,OH^- + 3\,N_2O\uparrow$$

El $N_2O$ es un gas extremadamente estable que, una vez formado, se difunde hacia la atmósfera, donde inicia un largo recorrido durante el cual se irá transformando poco a poco en otros óxidos, como NO y $NO_2$, con las consecuencias que ello implica.

El nitrógeno fijado también fluye a lo largo de la cadena alimentaria: primero es absorbido por las plantas, luego por los animales herbívoros y posteriormente por sus depredadores y parásitos. En cada nivel trófico se libera al ambiente nitrógeno por muerte o en forma de excreciones, utilizadas por los organismos descomponedores donde interviene el proceso de *amonificación*, según el cual se transforman los desechos de animales y los residuos de las plantas en ion amonio, $NH_4^+$. Con lo que se cierra el ciclo.

La contaminación del aire proviene de los óxidos de nitrógeno generados en la quema de combustibles fósiles, siendo el componente básico de las *lluvias ácidas* debido a su transformación en ácido nítrico que afecta al suelo y a las aguas dulces. La lixiviación y, a causa del nitrógeno, podría *envejecer* algunos suelos por un periodo equivalente a 5000 años. El exceso de nitrógeno en el suelo afecta también de otra

forma a campos y bosques ya que, por ejemplo, puede reducir la resistencia al frío de ciertas especies y hacerlos más propensos a enfermedades o a la muerte durante el invierno. De forma similar las aguas cada vez más ácidas tienen menos formas de vida acuática

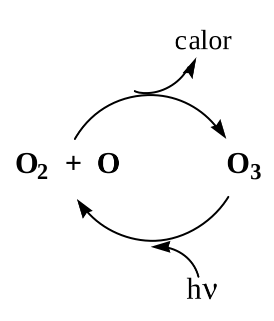
### 3.3. Ciclo del oxígeno

El oxígeno y el nitrógeno son los dos gases más abundantes de la atmósfera, pero el primero, a diferencia del segundo, es mucho más reactivo. Las tres sustancias, agua, dióxido de carbono y oxígeno molecular, junto con las moléculas de los seres vivos, constituyen las principales sustancias que participan en el ciclo del oxígeno, el cual está íntimamente unido al ciclo del carbono y al ciclo del agua

Los procesos que se efectúan en la biosfera estimulan el intercambio de oxígeno entre las diversas esferas del medio ambiente, principalmente mediante los procesos de fotosíntesis y respiración.

Por cada molécula de oxígeno utilizada en la respiración celular, se libera una molécula de dióxido de carbono. Inversamente, por cada molécula de dióxido de carbono absorbida en la fotosíntesis, se libera una molécula de oxígeno. La cantidad de oxígeno que consumen los animales es muy similar a la aportada por la vegetación, por tanto no hay prácticamente ningún cambio en la cantidad de oxígeno en la atmósfera.

Parte del oxígeno molecular de las regiones más altas de la atmósfera se convierte en la fórmula molecular triatómica denominada ozono, $O_3$, mediante la siguiente ecuación:




El ozono se descompone con rapidez para volver a formar oxígeno diatómico. Puesto que la capa superior de la atmósfera está expuesta a la luz solar de un modo continuo, existe una cantidad más o menos constante de ozono en una zona de la atmósfera superior llamada ozonosfera (aproximadamente a 50 km de altura del suelo). Esta producción de ozono sirve de barrera química, que constituye una pantalla protectora de la superficie terrestre que la protege de la radiación ultravioleta de alta energía. Es la denominada ***capa de ozono.*** Ciertos contaminantes emitidos a la atmósfera, principalmente los compuestos organoclorados la destruyen, provocando los conocidos ***agujeros de la capa de ozono.***

En la troposfera, el ozono es creado a partir de las reacciones fotoquímicas de los óxidos de nitrógeno con el oxígeno del aire, formando, junto con otros contaminantes, el smog.

### 3.4. Ciclo del azufre

El azufre se encuentra almacenado principalmente en la hidrosfera en forma de sulfato, $SO_4^{2-}$, siendo también abundante en los suelos, pues aunque se pierdan por

lixiviado de las tierras, son repuestos por las lluvias de forma natural. En la biosfera se presenta dentro de todos los organismos en pequeñas cantidades pero resulta imprescindible para la síntesis de ciertas moléculas orgánicas como las proteínas, enzimas, vitaminas, etc. Sólo las plantas, bacterias y hongos son capaces de incorporarlos directamente en forma de $SO_4^{2-}$. De esta forma, puede ser transferido a los demás niveles tróficos. Los seres vivos, al morir, liberan $H_2S$ a la atmósfera y a otros sistemas terrestres.

Algunos de los sulfatos presentes en la tierra son llevados al mar por los ríos, y este azufre es devuelto a la tierra por un mecanismo que consiste en convertirlo en compuestos gaseosos tales como el ácido sulfhídrico, $H_2S$ y el dióxido de azufre, $SO_2$. Estos penetran en la atmósfera y vuelven a tierra firme. En la profundidad de los océanos y lugares pantanosos en ausencia de $O_2$, el sulfato es reducido a $H_2S$. El paso de $H_2S$ del océano a la atmósfera sirve para compensar las pérdidas de $SO_4^{2-}$. Las elevadas concentraciones de $H_2S$ producen el típico olor a huevos podridos, pero en pequeñas concentraciones provocan un agradable olor a mar.

En la atmósfera, el $H_2S$ se oxida rápidamente por los iónes $OH^-$ formando ácido sulfúrico, $H_2SO_4$, que haciendo el papel de núcleos de condensación, favorecen las lluvias, que devuelven el azufre al mar o al continente, con lo que el ciclo se cierra.

Los volcanes de forma natural y las industrias o la quema de combustibles fósiles incrementan en la atmósfera la cantidad de $SO_2$ y, por tanto, la de ácido sulfúrico, $H_2SO_4$, originando el problema de la lluvia ácida.

### 3.5. Ciclo del fósforo

El fósforo se encuentra mayoritariamente en la corteza terrestre y en los depósitos de rocas marinas. La proporción de fósforo en la materia viva es relativamente pequeña, pero el papel que desempeña es vital. Es componente de los ácidos nucleicos como el ADN, y muchas sustancias intermedias en la fotosíntesis y en la respiración celular están combinadas con el fósforo, como el ATP. Forma parte también de las estructuras rígidas de los animales.

El ciclo del fósforo difiere con respecto al del carbono, nitrógeno y azufre, en que no forma compuestos volátiles que le permitan pasar de los océanos a la atmósfera y desde allí retornar a tierra firme.

Las rocas fosfatadas y las cenizas volcánicas contienen fosfatos y liberan iones fosfato, $PO_4^{3-}$, que son transportados de forma soluble por las aguas corrientes hasta los lagos o hasta el mar, donde precipitan para formar almacenes. Su proceso de liberación es muy lento por depender del ciclo geológico ($10^5$-$10^8$ años), razón por la que constituye el principal factor limitante, considerándose por ello un recurso no renovable.

El ciclo del fósforo se ve afectado por las actividades humanas tales como la pesca, el abuso de fertilizantes y el uso de detergentes con fosfatos. Debido al empleo indiscriminado de fertilizantes y todo tipo de productos químicos se presentan problemas en las aguas, tanto superficiales como subterráneas, como la eutrofización.

## 4. ¿QUÉ ES ECOLOGÍA QUÍMICA?

La Ecología Química o Química Ecológica es un campo multidisciplinar que estudia las sustancias químicas implicadas en las interacciones entre organismos. Los estudios en este campo consideran la enorme riqueza química en la naturaleza, siendo de gran utilidad para el conocimiento de la biodiversidad y en campos tan aplicados como la agricultura o la industria farmacéutica.

Su estudio está centrado en los mecanismos químicos que ayudan a controlar las interacciones intra e interespecíficas entre los organismos vivos para comunicarse, buscar alimento, y otros mecanismos. Esta disciplina se ha desarrollado en relación con la química de los productos naturales dando prioridad a la investigación sobre metabolitos secundarios activos con acción biológica diversa. Por ello, cobra un interés particular, debido a la aplicación potencial de estos metabolitos como herbicidas, pesticidas, reguladores del crecimiento, antibióticos y agentes citotóxicos, entre otros.

## BIBLIOGRAFÍA

1. M. Begon, J.L. Harper, C.R. Townsend, *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*, Ed. Omega (1999).
2. P. Cabildo, P. Cornago, C. Escolástico, M. Esteban, C. López, D. Sanz, *Bases Químicas del Medio Ambiente*, Ed. UNED (2004).
3. C.J. Krebbs, *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*, Ed. Benjamin Cummings (2001).
4. R. Margalef, *Ecología*, Ed. Omega (1998).
5. R. Margalef, *Ecología*, Ed. Planeta (1992).
6. M.C. Molles, *Ecology: concepts and applications*, Ed. McGraw-Hill (2005).
7. B. Nebel, R. Wright, *Ecología y desarrollo sostenible*, Ed. Prentice-Hall (1999).
8. E.P. Odum, *Ecología*, Ed. Interamericana (1992).
9. R.L. Smith, T.M. Smith, *Ecología*, Ed. Adison Wesley (2000).
10. C.R. Townsend, M. Begon, J.L. Harper, *Essentials of Ecology*, Ed. Blackwell (2003).

# MODELO DE ENFOQUE CIENCIA, TECNOLOGÍA, SOCIEDAD Y AMBIENTE EN LA DIDÁCTICA DE FÍSICA Y QUÍMICA EN LA ENSEÑANZA SECUNDARIA: CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

***Andrés García Ruiz*** **[1]*****, Mª. Dolores Castro Guío*** **[2]*****, Rafael Gómez Fernández*** **[3]**

[1] Departamento de Didácticas Específicas, Universidad Autónoma de Madrid.
28049 Madrid, andres.garcia.ruiz@uam.es
[2]Departamento de Física y Química, IES Atenea
Colombia s n, 28945 Fuenlabrada (Madrid), mdcastroguio@hotmail.com
[3] Departamento de Física y Química, IES El Olivo, Felipe II 11, 28980-Parla (Madrid)
ies.elolivo.parla@educa.madrid.org

*En el presente trabajo planteamos un modelo de desarrollo curricular para aplicar el enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA) en las clases de Física y Química.Planteamos un problema ambiental actual, como es la contaminación atmosférica, para observar y analizar las visiones de los estudiantes y pretendemos inculcar una adecuada formación científica para favorecer una actitud de ciudadanos responsables.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La Ciencia la debemos considerar como una actividad práctica además de teórica, estando en gran parte centrada en la experimentación.

La educación en la Ciencia para la acción, y para la relevancia social, tiene como objetivo ayudar a formar futuros ciudadanos para la acción y considera a los adolescentes como ciudadanos que tendrán su lugar en la sociedad (1).

Pensamos que debemos trabajar para conseguir una educación que sirva de agente de transformación de la sociedad y que también se aproveche para mejorar las condiciones sociales de la población en general.

La contaminación atmosférica afecta al medio ambiente directa e indirectamente. Por ejemplo, cuando los contaminantes descienden con la lluvia, el suelo y el agua recogen ácidos, dependiendo la acidificación de estos medios de la magnitud de los contaminantes y de la resistencia que tanto el suelo como el agua ofrezcan a dicha acidificación.

## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

En la última década, hemos observado una evolución positiva en los docentes hacia el tratamiento de las relaciones entre Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA), en la enseñanza en general y, sobre todo, en la didáctica de las Ciencias.

La incorporación en el currículo de Educación Secundaria y Bachillerato de objetivos y contenidos CTSA, han potenciado la formación científica de nuestro alumnado y la actitud positiva hacia los problemas ambientales. En la actualidad, el

alumnado muestra un mayor conocimiento de las aplicaciones tecnológicas de la Ciencia o a su implicación sobre los problemas ambientales (2-5).

A pesar de todo ello, los resultados no son lo satisfactorios que se esperaban y se debe seguir profundizando en el estudio de la dimensión CTSA, para constatar su grado de incorporación en la enseñanza de las Ciencias y modificar la imagen de la Ciencia con la inclusión adecuada de la perspectiva CTSA en la enseñanza, para favorecer la adecuada formación de los futuros ciudadanos, para la participación, la responsabilidad social y la toma de decisiones (6).

La alfabetización científica y tecnológica de nuestro alumnado requiere la incorporación de la perspectiva CTSA en el currículo, puesto de manifiesto en numerosas investigaciones y publicaciones (7,8).

## 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La presente experiencia la hemos realizado con alumnos de 2º de Bachillerato que cursan actualmente la asignatura de Ciencia, Tecnología y Sociedad.

Partimos de las noticias aparecidas en los diarios El País y El Mundo en las secciones de Sociedad y de Ciencia, respectivamente, sobre artículos referidos a problemas de contaminación atmosférica surgidos en varias ciudades de nuestro país.

El planteamiento del problema lo abordamos desde la dimensión CTSA, organizando a los alumnos en cinco grupos, en los que cada uno tenía una función y un enfoque específico que detallamos seguidamente:

1. Planteamiento de la noticia y del problema.
2. Tratamiento ambiental del tema.
3. Interés económico y social.
4. Medidas legislativas.

### 3.1. Planteamiento de la noticia y del problema

Partimos de de tres noticias sobre contaminación atmosférica, una producida en dos grandes ciudades (Madrid y Barcelona), por el desarrollo de la vida cotidiana e industrial y otras dos surgidas por motivos industriales (Cartagena y Campo de Gibraltar).

Iniciamos el tema con una introducción teórica sobre la contaminación atmosférica, agentes, tipos, etc.

En el caso de la contaminación en Madrid y Barcelona, la problemática ambiental es compleja, ya que hay que tener presente que las fuentes potenciales de contaminación en este entorno son muy diversas, aunque se suelen vincular a las industrias del entorno.

Aunque se han realizado varios estudios para caracterizar la situación de este entorno ambiental, el conocimiento global de la calidad del aire es aún limitado.

El objetivo de nuestro estudio será aportar datos que permitan conocer mejor el estado de contaminación atmosférica de las dos zonas.

Los episodios de contaminación del aire, como consecuencia de la acumulación y estratificación de gases industriales, son conocidos, aunque es necesaria una mayor información para conocer el efecto global.

En el caso de Gibraltar y Cartagena, la contaminación se debe a la acumulación de azufre, emitido por el macropolígono industrial de la primera ciudad y a un accidente producido por la combustión de abono en la segunda.

### 3.2. Tratamiento ambiental del tema

El enfoque ambiental del tema lo dividimos en tres partes. La primera era un informe general sobre la contaminación atmosférica, origen, tipos de contaminantes y sus efectos, y estrategias de lucha contra la contaminación atmosférica.

La segunda consistió en un informe detallado sobre los principales contaminantes aparecidos en cada una de las noticias. Respecto a Madrid y Barcelona detallamos los compuestos químicos que producen sobre todo la emisión de gases de los coches. Aquí estudiamos también los gases producidos en el entorno urbano, como los CFCs, óxidos de nitrógeno y metano.

En Gibraltar, la principal causa parece deberse a la refinería existente. Se desarrolló un informe sobre las características y efectos de los gases hallados: benceno, tolueno y ácido sulfhídrico.

Respecto a Cartagena, la contaminación producida tuvo un efecto a corto plazo, provocado sobre todo por el dióxido de azufre. Al igual que en los casos anteriores, además de describir las características y los efectos del gas anteriormente citado, también incluimos en nuestro estudio el monóxido de carbono, el cloruro de hidrógeno y anhídrido sulfuroso.

La tercera parte consistió en un estudio sobre aplicación de nuevas tecnologías aplicadas a la contaminación atmosférica. Entre ellas una de las principales aplicaciones es para los sistemas de escape y catalizadores, detallando las nuevas tecnologías utilizadas sobre todo en Norteamérica.

### 3.3. Interés económico y social

Este punto los dedicamos sobre todo a los efectos producidos por la contaminación en la salud, haciendo un especial hincapié en el caso de Gibraltar, ante la polémica que suscita el macropolígono industrial, ya que es una fuente importante de trabajo y de ingresos para los habitantes del Campo.

Se detalló los efectos sobre la salud de todos los gases citados anteriormente, sobre todo en cuanto a las enfermedades que generan.

Respecto al caso de Cartagena, también elaboramos un informe detallado de la gestión ambiental de la empresa en la que se produjo el fuego, en el que pudimos observar las medidas tomadas desde el 2002, con la instalación de reductores de óxidos, la segregación de aguas residuales, la captación de polvo de la planta de nitrato y la constante reforestación de la zona de apilamiento de yesos. Con estas

medidas, en dos gráficas, pudimos observar la disminución de las emisiones y de los vertidos.

### 3.4. Medidas legislativas

Respecto a las medidas legislativas, comenzamos con el estudio del cumplimiento del Protocolo de Kioto.

Hicimos un estudio comparativo de “las grandes chimeneas que contaminan el planeta”: Estados Unidos, Unión Europea, China, Rusia, Japón e India. Finalmente abordamos las dos propuestas básicas del Banco Mundial para influir en el comportamiento de los contaminadores:

- Mecanismos oficiales de control, estableciendo normas y reglamentaciones.
- Políticas basadas en el funcionamiento del mercado o en los incentivos económicos.

## 4. CONCLUSIONES

La experiencia ha resultado totalmente satisfactoria, ya que los alumnos han tenido que indagar, buscar información y sugerir soluciones al problema de la contaminación atmosférica.

Los resultados obtenidos con la experiencia nos hacen ver que el enfoque CTSA es imprescindible para una buena formación ciudadana, responsable e involucrada por los problemas del planeta.

Por último, cabe destacar, como señala Hodson (9), que con este tipo de experiencias podemos hacer que nuestro alumnado pueda ser conocedor de las diferentes opciones que se les presente sobre Ciencia y Tecnología, pudiendo compararlas y valorarlas, favoreciendo su participación social en la toma de decisiones.

## BIBLIOGRAFÍA

1. P. Membiela, *Enseñanza de las Ciencias*, **2002**, Vol. 20 (3), pp. 443-450.
2. B. Marco, *La Alfabetización Científica*, en F. Perales, P. Cañal (eds.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp. 141-164, Ed. Marfil, Alcoi (2000).
3. A. Caamaño, *Presencia de CTS en el currículo escolar español*, en P. Membiela (ed.). *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad, Formación científica para la ciudadanía*, pp. 121-133, Ed. Narcea, Madrid (2001).
4. M.A. Manassero, A. Vázquez, *Opinions sobre ciencia, tecnología i societat*, Palma de Mallorca, Conselleria d´Educació (1998).
5. M.A. Manassero, A. Vázquez, *Actitudes y creencias de los estudiantes relacionadas con CTS*, en P. Membiela (ed.). *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad, Formación científica para la ciudadanía*, pp. 162-169, Ed. Narcea, Madrid (2001).
6. J. Solbes, A. Vilches, *Enseñanza de las Ciencias*, **2004**, Vol. 22 (3), 337-348.
7. R.W. Bybee, *The American Biology Teacher*, **1991**, Vol. 53 (3), 146-153.

8. D. Gil, A. Vilches, *Investigación en la Escuela*, **2001**, Vol. 43, 27-37.
9. D. Hodson, *Enviromental Education Research*, **1994**, Vol. 1(2), 71-98.

**ANEXO**

Se incluyen en las siguientes páginas las noticias utilizadas en la experiencia.



# Una nube tóxica causada por la combustión de abono dispara la alarma en Cartagena

Las autoridades piden a la población de la zona que no salga de sus casas ni encienda la calefacción



Diario El País, lunes 28 de enero de 2002.



CIENCIA

# Madrid y Barcelona, dos puntos negros de la polución mundial

# Azufre en la azotea

## Vecinos y autoridades polemizan por el grado de contaminación en el Campo de Gibraltar

## Dependencia económica



# Parte V

# Miscelánea

# ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE LA QUÍMICA DE PRIMER CURSO UNIVERSITARIO

***Carlos M. Castro Acuña* [1], *Paul B. Kelter* [2], *José Miguel Abraham* [3], *Gabriel Pinto* [4], *Abdel Karim Maaroufi* [5], *Liliana Mammino* [6], *Jianing Xu* [7]**

[1] Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, México
[2] University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL 61801, Estados Unidos
[3] Universidad Nacional de de San Luis, San Luis, Argentina
[4] E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, España
[5] Faculté des Sciences, Université Mohammed V, Rabat Agdal 1014, Marruecos
[6] Department of Chemistry, University of Venda, República Sudafricana
[7] College of Chemistry, Jilin University, Changchun 130023, R.P. China
icuc_mexico@yahoo.com.mx

*En este trabajo, un conjunto de profesores de entornos geográficos muy diferentes, analizamos la situación actual y perspectivas de futuro de la Química impartida en los primeros cursos de nivel universitarios. Presentamos una organización, el Centro Internacional para la Enseñanza de la Química en el Primer Año de Educación Superior (ICUC, por sus iniciales en inglés), creado para intercambiar ideas y experiencias y para apoyar a los que enseñan esa materia.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Los cursos superiores de Química son para enseñar esta Ciencia, esto es, un estudio sistemático de las interacciones de la materia. Esta definición puede provocar una discusión inicial: ¿Cómo nos acercamos al conocimiento de estas interacciones de la materia? ¿Refleja dicho estudio sistemático lo que los químicos hacen verdaderamente? ¿Y hasta qué punto la Química de este primer curso incluye las diversas prácticas, esperanzas, temores y realidades de los que han participado en su estudio?

Partiendo de realidades geográficas tan diferentes como son los Centros universitarios de Estados Unidos, México, Argentina, España, Marruecos, República Sudafricana y China, en este texto se aportan reflexiones e ideas sobre la práctica docente en la Química de primer curso universitario.

## 2. DENOMINACIÓN DE LA ASIGNATURA DE QUÍMICA DE PRIMER CURSO UNIVERSITARIO

Como ya se ha discutido en trabajos previos (1) se usan muchos nombres para designar el curso de Química (o el conjunto de cursos) del primer curso universitario que se imparte en decenas de miles de instituciones alrededor del mundo (más de 3.500 sólo en los Estados Unidos). Entre otras denominaciones, se encuentran:

- Química general. Un curso general de Química, así como un gran almacén, no está realmente limitado a una sola clase de cosas. El adjetivo es insuficiente; si le

creemos al nombre, los cursos que son generales deben incluir sólo las características principales, no los detalles. Sin embargo, cualquiera que ha enseñado (o recibido) un curso de Química general seguramente sabe que esto no es así, dado que se suceden un número aparentemente infinito de detalles en las clases, los exámenes y los experimentos de laboratorio.

- Química de primero curso. Tampoco llena las expectativas, dado que no todos los estudiantes lo cursan en su primer año de educación superior. Y tal curso no es el primero, en el sentido de que muchos estudiantes han tenido por lo menos un curso de Química en el Bachillerato. En realidad, Química de último año sería quizás un término más exacto en el sentido de que, para muchos, ésta es la última vez que abrirán un texto de Química. Además, el término primer año (¡o cualquier otro año!) no dice nada acerca del contenido del curso. En este respecto, los matemáticos pueden estar un paso delante de los químicos. Cursos llamados Álgebra, Trigonometría y Cálculo son mucho más descriptivos. No existen las Matemáticas de primer año.

- Química introductoria. En este caso no indica ni qué año ni que amplitud. Sin embargo, el término introductoria tiene sus implicaciones propias. Ya que muchos de nuestros estudiantes ya han sido introducidos a la Química por cursos en el Bachillerato, un curso superior es difícilmente una introducción. Algunos cursos de Química en Universidades empiezan realmente en el principio (aunque lo que definimos como "el principio" puede ser bien diferente para cada docente). La mayoría de los profesores, sin embargo, suponen un buen conocimiento previo y empiezan en algún tema intermedio.

Otros nombres para este tipo de cursos son Química preparatoria, Fundamentos de Química, Química para X, donde X significa estudiantes cuya carrera principal no es la Química (carreras no científicas, o biólogos, ingenieros, etc.), Química general, Orgánica y Bioquímica, Química avanzada (*honors*), Química ambiental, Química en nuestro mundo, entre otros.

La problemática en este punto no es simplemente semántica. En la medida que nosotros, profesores de Química, tenemos dificultades para nombrar apropiadamente nuestro curso, también podemos tener dificultades para identificar las metas, los temas y los procesos intelectuales que acompañan este nombre. La falta de precisión en un nombre puede reflejar una falta semejante de precisión en nuestra visión. No obstante, más importante que la denominación, será el contenido y la metodología empleada en el curso.

## 3. ICUC: UN CENTRO PARA LA PROMOCIÓN DE LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

Con matices importantes en cada Centro y en cada país, existe una problemática común en el enfoque de la enseñanza de la Química de primer curso universitario. Recientemente se abordaba este hecho en un artículo (2) que se refería a esta problemática, por analogía, con lo que popularmente se conoce como la "crisis de los cuarenta" (*midlife crisis*). Entendemos crisis como la acepción de "cambio importante

en el desarrollo de un proceso que da lugar a una inestabilidad". Es decir, la crisis es un cambio y, por tanto, implica mejora o empeoramiento de una situación.

El compañerismo profesional, entre docentes que comparten una misma problemática, puede ayudar a aprender y puede significar un apoyo para abordar los asuntos que se relacionan con el contenido del plan del primer año, incluido el nombre y todo lo demás.

Como profesionales, tenemos intereses comunes en las áreas claves del plan de estudios que corresponde a este campo. Algunas de las preguntas para las que buscamos respuestas cuando diseñamos el contenido de la Química de primer curso son:

- ¿Cómo equilibramos los múltiples propósitos del curso?
- ¿Hasta qué punto relacionamos con temas y asuntos más allá de nuestra disciplina?
- ¿Cómo determinamos qué estudiantes están preparados para nuestros cursos?
- ¿De qué forma debemos utilizar el tiempo de clase y, de manera más amplia, qué investigación apoya las decisiones que tomamos?
- ¿Cómo evaluamos lo qué los estudiantes saben durante el tiempo de clase, durante las horas de tutoría y fuera de la clase, por medio de tareas, exámenes, presentaciones y otros procedimientos?
- ¿Cómo podríamos trabajar con estudiantes que tienen dificultad para aprender?
- ¿Cuál debe ser nuestro papel para promover el éxito de los estudiantes?
- ¿Qué normas existen para asignar calificaciones a estudiantes del primer curso?
- ¿Cómo podemos ayudarnos entre nosotros para mejorar nuestra enseñanza?

La necesidad de un apoyo continuo entre los docentes de la Química es realmente universal. Algunos apoyos ya existen, a través de organismos como el Comité de Educación de la IUPAC (*Internacional Union of Pure and Applied Chemistry*), la División de Educación Química de la *American Chemical Society* en los Estados Unidos o el Grupo de Didáctica de la Real Sociedad Española de Química. Sin embargo, la necesidad es todavía más grande, especialmente si pensamos en forma global. Las necesidades de los que enseñan en el primer curso de educación superior son particularmente apremiantes, ya que sus estudiantes pueden iniciar o terminar sus estudios de Química precisamente en estos cursos.

Con este deseo de aprender, contar con un apoyo y defender la importancia de la enseñanza de la Química, un grupo de académicos se reunió en octubre del 2003 en la Universidad de Illinois en *Urbana-Champaign*. Los allí reunidos acordamos formar una organización internacional dedicada a abordar intereses comunes en la enseñanza de la Química a nivel superior. Esta organización se denominó ICUC: Centro Internacional para la Enseñanza de la Química en el Primer Año de Educación Superior (en inglés, al pronunciar las siglas ICUC se escucha la frase "yo veo, tu ves"). Como parte de la misión esencial del ICUC, se interviene con y para los profesores de Química de primer curso, para que esta asignatura permanezca asociada

con el sentido más grande de dignidad para los encargados de uno de trabajos más esenciales en el ámbito de la Química.

El Centro (http://icuc.chem.uiuc.edu/icucwebsite/) se autodefine como una organización internacional para desarrollar trabajo e investigación en esta área de vital importancia. Entre los objetivos del ICUC, destacan:

- Proporcionar recursos. Compartir e intercambiar conocimientos y habilidades entre profesionales de la enseñanza. Funcionar como un Centro de distribución de información relativa a la enseñanza de la Química en el primer curso de educación superior.
- Definir contenidos. Evaluar de forma continua los objetivos y establecer los conceptos y temas que se incluyen o que se deberían incluir en estos cursos.
- Enfoque en el aprendizaje. Participar activamente en la investigación, desarrollo, prueba, evaluación y transmisión de la información adecuada para la enseñanza de la Química.
- Promoción de la comunicación. Fomentar la comunicación entre grupos académicos de todas las culturas, especialmente las de lengua inglesa, española y china.
- Patrocinio de oportunidades de aprendizaje. Ser sede o patrocinador de conferencias, reuniones y talleres a nivel regional, nacional e internacional.
- Mejora del acceso a la tecnología. Organizar, catalogar y preparar material audiovisual con demostraciones, experimentos de laboratorio y lecciones. Proveer el acceso a programas de modelos moleculares, simulación por ordenador, animaciones y materiales prácticos adecuados.
- Promoción del desarrollo profesional. Apoyar activamente a los profesores en el campo de la enseñanza de la Química.
- Publicación de los trabajos de los docentes en foros destacados y de rápida divulgación. En este sentido, se publica con cierta asiduidad en revistas como *Journal of Chemical Education*, *The Chemical Educator*, Anuario Latinoamericano de Educación Química y Anales de la Real Sociedad Española de Química.

## 4. CARACTERÍSTICAS DE LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA EN PRIMER CURSO UNIVERSITARIO

Al iniciar el siglo XXI, podemos percibir que también en la educación se va abriendo una enorme brecha a nivel mundial. Mientras en algunas regiones unas minorías de estudiantes privilegiados ya cuentan con programas informáticos que les muestran las moléculas en forma tridimensional, en otros países, miles de jóvenes están esperando a que, por lo menos, su profesor de Química asista a clase. El propósito fundamental del profesor de Química y de otras Ciencias es potenciar y canalizar el interés de los jóvenes por temas científicos y tecnológicos, tratando de que dichos jóvenes manifiesten sus capacidades de hacer, decir y, sobre todo, decidir (3). El logro de actitudes creativas, por parte de nuestros estudiantes, no se alcanza por el simple hecho de aplicar programas y planes modernos que, aunque valiosos y basados

en una filosofía de la indagación, no aseguran por sí solos el desarrollo de la creatividad ni garantizan el uso de los recursos propios de la comunidad (4).

Así como reconocemos grandes carencias en muchas poblaciones latinoamericanas y africanas, también el nivel educativo en los Estados Unidos y en Europa es muy heterogéneo y está íntimamente ligado a la capacidad económica de las diferentes comunidades. Las zonas de mayor pobreza también tienen una educación pobre y el aparente desarrollo que percibimos desde fuera es muchas veces un espejismo.

En entornos como Latinoamérica y África encontramos, entre otros aspectos:

- Falta de medios y recursos para garantizar una excelente formación de los estudiantes.

- Infraestructuras inadecuadas que obstaculizan e incluso, a veces, se oponen al empleo de metodologías modernas.

- Imposibilidad de acceder a centros de actualización y perfeccionamiento, tanto para los aspectos metodológicos como para los científicos.

- Escasa comunicación entre los centros dedicados a la mejora de la enseñanza de las Ciencias.

- En países como Marruecos, los estudiantes encuentran las asignaturas científicas más difíciles que otras, y sin perspectivas de trabajo, lo que hace que se orienten hacia otro tipo de titulaciones universitarias, como Derecho o Ciencias Económicas. Se observa así un descenso paulatino en estudiantes que inician estudios de Ciencias Experimentales. Este aspecto parece ser bastante global, como refleja Breuer para el Reino Unido (5).

En muchas Facultades de México y España nos enfrentamos a graves problemas al impartir los primeros cursos de Química General, debido principalmente a que los estudiantes traen una preparación deficiente del Bachillerato. Es interesante notar que la situación es casi igual a lo apreciado en la Universidad de Nebraska-Lincoln (6).

En un estudio llevado a cabo recientemente (7) encontramos, entre otros factores que afectan a la enseñanza de la Química, tanto en México, como en Argentina o los Estados Unidos, los siguientes: el número de alumnos en cada grupo, la supremacía de la investigación frente a la docencia y la importancia de la enseñanza experimental.

Actualmente, los cursos de Química General se considera que no deberían tener más de 50 estudiantes y en el laboratorio los grupos deberían ser aún más reducidos. En contraste, en muchas Universidades las clases de Química General se dan a grupos muy numerosos de alumnos (hasta cerca de 400 en algún Centro). Es nuestra opinión que esto no es aceptable desde un punto de vista didáctico y que debe rechazarse el modelo largamente aceptado que establece que es correcto, o al menos necesario, comprimir a los estudiantes de primer curso en grandes auditorios. Trabajar con grupos muy numerosos está en conflicto directo con uno de los principios fundamentales de la enseñanza, que es conocer a cada estudiante para poder evaluar adecuadamente lo que entiende y desea saber. Debemos poder interactuar con nuestros alumnos dentro del aula y, si es necesario, en nuestros despachos o por correo

electrónico. Cualquier sistema en el que, después de seis semanas de clases no se conoce a los estudiantes, necesita cambiarse. Para un profesor es vital conocer realmente a sus alumnos y esto no es posible en un grupo muy numeroso.

En lo que respecta al tiempo dedicado para investigación y para docencia, entre los profesores universitarios en general, tanto en México como en Argentina o España, se estimula la comunicación escrita por medio de uno o dos artículos por año publicados en una revista con "alto índice de impacto", lo que prácticamente obliga a que la publicación se haga en inglés. Sin embargo, la vital comunicación entre profesores y alumnos está relegada a un segundo plano y a veces ni siquiera se considera importante. De igual manera, no se favorece el intercambio de ideas entre los mismos académicos, lo que suele dar como resultado que cada profesor sea el dueño absoluto de su materia y no se establezcan objetivos comunes ni siquiera entre profesores que están desarrollando el mismo curso.

El prestigio de una institución educativa debe evaluarse por la buena formación que obtienen los estudiantes que egresan de ella. Sin embargo, como esto resulta difícil de medir, en ocasiones se pretende basar la excelencia en el número de artículos que sus académicos publican. Por esta razón, algunos académicos consideran que es más valioso escribir un artículo, que "perder" su valioso tiempo enseñando a un montón de estudiantes de primer curso. Nosotros consideramos que los académicos deben cumplir adecuadamente con su labor docente y contribuir a formar los recursos humanos que nuestras naciones requieren.

Esto es precisamente vincular la enseñanza con el beneficio social que debe aportar. Es bien conocido que en todas las instituciones hay profesores que son buenos investigadores y además cumplen de forma entusiasta y acertada con su labor docente. Éste es un buen modelo a seguir y nuestra propuesta, en este caso, es que se fomenten las líneas de investigación enfocadas a resolver los problemas de la comunidad a la que pertenece cada Centro universitario. Además, es necesario que la relación entre la Química y la vida diaria pase de ser un comentario en el aula para convertirse en una realidad tangible para los estudiantes (8,9).

El desarrollo de experimentos es fundamental para establecer un vínculo entre la Química y los fenómenos que observamos en nuestra vida cotidiana. En muchas Universidades de los Estados Unidos es común que a los estudiantes extranjeros se les contrate como profesores asistentes de laboratorio, cuando en ocasiones todavía no dominan el idioma inglés y mucho menos cuentan con experiencia didáctica. También en muchos países se observa el peligro de una tendencia a reducir las horas que los estudiantes deben pasar en el laboratorio, lo que generalmente se basa en una estrategia para ahorrar dinero en equipos y reactivos, sacrificando las valiosas habilidades que los estudiantes adquieren al realizar experimentos.

Nosotros afirmamos que los académicos de más prestigio y los mejores docentes son precisamente los que deben estar a cargo de los cursos en los primeros semestres, con grupos que no deben ser numerosos. Así mismo, son los profesores más

capacitados los que deben tener un papel más activo en la enseñanza experimental ya que ésta es la base de una buena formación en el área científica.

En estos momentos, es prioritaria la formación de recursos humanos y debemos dar una gran importancia a la docencia; nuestras Universidades requieren de magníficos docentes y para esto debemos lograr que esta actividad sea justamente evaluada.

Creemos que se puede asegurar que la enseñanza de la Química de primer curso tiene una aceptación limitada y prácticamente sólo como una subdisciplina en los Departamentos de Química en casi todos los países. Las razones son complejas y esto no corresponde a la situación que merecen los educadores de Química. Por ejemplo, en España, la organización de las materias universitarias se agrupan por áreas de conocimiento, no existiendo una específica para la Química de los primeros cursos que, sin embargo, se imparte como asignatura obligatoria en más de veinte titulaciones diferentes (desde Licenciado en Ciencias del Mar a Ingeniero de Minas, por poner algún ejemplo).

Es decepcionante analizar las prácticas de contratación y promoción de profesionales para la enseñanza de la Química. En la gran mayoría de los países de Latinoamérica, los gobiernos y autoridades educativas declaran constantemente su apoyo decidido a la educación pero no siempre apoyan sus palabras con los recursos necesarios.

En China se aprecia un considerable esfuerzo por la mejora de la docencia de la Química en los primeros cursos universitarios (10). Así, un buen número de colegas, como uno de nosotros (Prof. Xu) reciben una ayuda del Gobierno para realizar prácticas con metodologías pedagógicas contemporáneas y aprender inglés, durante un curso académico, en Universidades australianas.

Es importante y constructivo el intercambio con otros profesores de todas las zonas, sobre asuntos didácticos, pero sin pretender impartir la Química en idioma inglés en todo el mundo, como marcan ciertas tendencias. La experiencia africana demuestra enormes daños de enseñanza cuando se produce la enseñanza en un idioma distinto del materno de los alumnos.

## 5. TENDENCIAS EDUCATIVAS

En los últimos años, el énfasis de las teorías educativas ha variado de un sistema centrado en el profesor a otro centrado en el alumno. Es lo que en Europa subyace, entre otros aspectos, en el denominado “proceso de Bolonia”.

Esta variación representa, a su vez, una variación de la teoría behaviorista a la constructivista. La primera resalta que el comportamiento del profesor puede cambiar el del estudiante, asumiendo que los profesores pueden construir el esquema del conocimiento de los alumnos. Las teorías constructivistas enfatizan la idea de que los alumnos deben participar activamente en el proceso de aprendizaje para construir su propio esquema de conocimiento. En este sentido, estas teorías promueven la adopción de estrategias de enseñanza que fomentan la participación activa de los

alumnos, resaltando el desarrollo de habilidades genéricas y habilidades para el aprendizaje a lo largo de la vida.

En la práctica docente de los autores de este trabajo se han seguido, en los últimos cursos y en distinto grado, las siguientes estrategias educativas:

- clase magistral participativa (utilizando tecnología multimedia, diagramas, figuras e ilustraciones y preguntas a los alumnos) de teoría y problemas;
- actividades de aprendizaje cooperativo y trabajo en equipo (discusión entre alumnos, debate y asesoramiento entre alumnos);
- autoaprendizaje (desarrollo de proyectos por los alumnos, lectura de libros, utilización de Internet y de otro tipo de tecnología multimedia);
- presentaciones (orales, trabajos escritos y realización de paneles) por parte de los alumnos;
- tutorías (el profesor discute los problemas con los alumnos y analiza sus tareas realizadas en casa); y
- otras (aprendizaje basado en problemas, elaboración de mapas conceptuales, y estudio de casos, entre otras).

Estas estrategias desarrolladas muestran una mayor implicación de los alumnos en su propio aprendizaje.

**REFERENCIAS**

1. C.H. Middlecamp, P. Kelter, *Chem.* Educator, **2004**, Vol. 9, 182-183..
2. C.H. Middlecamp, C.M. Castro-Acuña, P. Kelter, *Chem. Educator*, **2004**, 1-2.
3. J. M. Abraham, M. L. Azar, C. Elorza, *Anuario Lat. Ed. Quím.*, **1988**, Vol. 1, 91.
4. J. M. Abraham, M. L. Azar, R.F. Segovia, *Anuario Lat. Ed. Quím.*, **2002**, Vol. 15, 207.
5. S.W. Breuer, *U. Chem. Educ.*, **2002**, Vol. 6, 13-16.
6. J. Niemoth-Andersen, G.A. Carson, D. Dormedy, C. Emal., E.J.Haas, T.L. Johnson, J. Mazlo, T.M.Urlacher, P.B. Kelter, M. Llano, G. Müller, R. Domínguez, C.M. Castro-Acuña, *Anuario Lat. Ed. Quím.*, **1998**, Vol. 10, 185.
7. P.B. Kelter, C.M. Castro Acuña, *Anuario Lat. Ed. Quím.*, **2001**, Vol. 13, 153.
8. M. R . Jiménez Liso, M. A. Sánchez Guadix, E. de Manuel Torres, *Educación Química*, **2002**, Vol. 13 (4), 259.
9. G. Pinto, *Anales de la RSEQ*, **2004**, Vol. 100 (2), 37-42.
10. J. Xu, *The China Papers*, **2003**, Vol. July, 15-19.

# UNA ACTIVIDAD DE ACERCAMIENTO A LA INGENIERÍA QUÍMICA

***Francisco Jarabo [1], Francisco José García [1], María del Cristo Marrero [1], Nicolás Elortegui [2]***

[1] Departamento de Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica
Universidad de La Laguna, 38200 La Laguna, Tenerife
[2] IES César Manrique, 38010 Santa Cruz de Tenerife, Tenerife
fjarabo@ull.es, frgarcia@ull.es, mcmhdez@ull.es, neloesc@gobiernodecanarias.org

*En el marco del Plan Integrado Canario de I+D+I, se firmó en 2004 un convenio de colaboración entre la Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias y la Universidad de La Laguna por el que se pretende promocionar las titulaciones que se imparten en la Facultad de Química: Licenciado en Química e Ingeniero Químico. Se describe la experiencia que se ha diseñado especialmente para acercar a los alumnos también a la Ingeniería Química. Asimismo se detalla la documentación generada aplicando las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) en tres formatos y la realización presencial de la actividad.*

## 1. ANTECEDENTES INSTITUCIONALES

Las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) están afectando profundamente a la sociedad actual y los retos que plantean a la educación son múltiples. Sobre todo, para que las innovaciones tecnológicas estén verdaderamente al servicio de la educación y demuestren su relevancia en contextos de aprendizaje muy distintos. Desde la Conferencia Mundial sobre la Educación Superior (1), la propia Unión Europea, en la iniciativa *"e-Learning"*, tiene como objetivo movilizar a las comunidades educativas y culturales y a los agentes económicos y sociales para lograr la transición de Europa hacia la sociedad del conocimiento (2).

Paralelamente, en España, se aprueba en diciembre de 1999 la *"Iniciativa del Gobierno para el Desarrollo de la Sociedad de la Información «Info XXI: La Sociedad de la Información para Todos»"*. Esta iniciativa comprende un conjunto de metas estratégicas, cuya puesta en práctica requiere el planteamiento de acciones concretas, recogidas en un Plan de Acción, aprobado en enero de 2001 (3), que incluye un total de 318 acciones propuestas para su ejecución entre los años 2001 y 2003.

En nuestro ámbito regional, el Gobierno de Canarias establece en septiembre de 2000 un "Plan para el Desarrollo de la Sociedad de la Información en Canarias", PDSIC, cuyo objetivo central es *"hacer de Canarias una región plenamente integrada en la Sociedad de la Información sin fronteras ..."* y los objetivos en educación pretenden *"fomentar la incorporación del uso de las TIC en la actividad cotidiana de todos los procesos formativos, tratando de soslayar de esta incorporación la*

*discrecionalidad de los actores del sistema, realizando la Administración una actividad compensatoria que haga llegar a todos la formación en tecnologías y el acceso a las mismas"* (4). Asimismo, en junio de 2002 el Gobierno de Canarias presenta el borrador de su "Plan Integrado Canario de I+D+I", PIC (5), que tiene como principios estratégicos *"... la mejora del bienestar social (...), la mejora de la competitividad de las empresas (...) y la generación, difusión y absorción de conocimiento científico y tecnológico..."*.

Es evidente que son innumerables las acciones que se están emprendiendo para favorecer simultáneamente el acceso a los sistemas basados en las TIC y el desarrollo del proceso educativo en la sociedad de principios del siglo XXI.

## 2. ANTECEDENTES INVESTIGADORES

Dentro de un programa de investigación llevado a cabo en los últimos años sobre el desarrollo de contenidos de asignaturas del área de Ingeniería Química y su integración con las TIC, ya se han obtenido resultados en diversos aspecto didácticos, referentes a fundamentos teóricos, esquemas, ejercicios, problemas y prácticas de laboratorio (6-14). Estos resultados se han aplicado como productos finales, que si bien son únicos en su aspecto conceptual, constituyendo "Manuales Docentes", presentan varias facetas claramente diferenciadas: diseños orientados a la edición en papel, documentos electrónicos para su consulta en red o para su descarga e impresión, y documentos electrónicos para su distribución en soporte de disco compacto (CD).

En este contexto se encuadra el trabajo que se presenta, que está ubicado según un esquema conceptual muy concreto, como es la integración de las TIC en la educación, entrelazando los aspectos docentes preuniversitario y universitario y desarrollando contenidos en Ingeniería Química para transmitir, tanto en el ámbito presencial como en el espacio virtual.

## 3. PLANTEAMIENTO DE LA ACTIVIDAD

En el marco del mencionado PIC, la Consejería de Educación, Cultura y Deportes de Gobierno de Canarias y la Universidad de La Laguna firman en marzo de 2004 un convenio de colaboración para fomentar el estudio de titulaciones técnicas y científicas que permita generar un cambio de actitud de la población canaria a favor de la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación.

La primera actividad que se lleva a cabo es la denominada "Acércate a la Química", consistente en la visita de alumnos de centros de Educación Secundaria y Bachillerato, durante toda una jornada, a la Facultad de Química, donde se imparten las titulaciones de Licenciado en Química e Ingeniero Químico, con objeto de conocer sus instalaciones y, lo que se considera más relevante, para realizar algunos trabajos experimentales en sus laboratorios. Como la titulación de Ingeniero Químico es responsabilidad del Departamento de Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica, se constituyó un grupo de trabajo que diseñara especialmente para la ocasión una

actividad que permitiese a los alumnos visitantes aproximarse de forma activa a algunos aspectos de la industria química. Los objetivos generales que se plantearon fueron los siguientes:

- Dar a conocer los aspectos específicos de la industria química.
- Introducir la Ingeniería Química como una forma de racionalizar el estudio de los problemas tecnológicos de la industria.
- Proporcionar una visión del tipo de trabajo que se lleva a cabo en un Departamento de Ingeniería Química.

Si bien se iban a desarrollar contenidos de Ingeniería Química, éstos habrían de ser adaptados a un nivel educativo preuniversitario, por lo que sería necesario mantener una elevada coherencia didáctica para poder transmitir adecuadamente los conceptos. Por ese motivo se incorporó al equipo un profesor de un centro de Enseñanza Secundaria, de probada experiencia didáctica y doctor en Química de la especialidad Industrial, con el que ya se había colaborado en trabajos anteriores (15-16).

Asimismo, si bien la actividad sería presencial, con énfasis en la experimentación, sería necesario mantener un vínculo atemporal con la misma, debido a que sólo pocos alumnos podrían tener acceso directo a ella. Así pues, se afrontó el diseño de la actividad presencial sin olvidar los aspectos virtuales que permitiesen llegar a ella (al menos de forma indirecta) al resto de los alumnos del centro visitante, a los alumnos de otros Centros y, en general, a cualquier persona interesada en la misma que hubiese tenido conocimiento de su celebración. Es decir, se planteó la realización de la experiencia en el laboratorio y de la documentación adecuada para llevarla a cabo y para ser consultada en red. Ello podría permitir la deseable interacción entre el profesorado de Educación Secundaria y el profesorado universitario, muy deficiente en la actualidad.

La experiencia de laboratorio sería supervisada por tres equipos de dos instructores, cada uno de los cuáles atendería en una jornada a cinco grupos de seis alumnos que, a intervalos de 30 minutos, irían rotando por la instalación experimental. Todos los instructores serían titulados superiores (ingenieros químicos o licenciados en Química), algunos incluso habiendo realizado cursos de capacitación pedagógica.

## 4. DISEÑO DE LA EXPERIENCIA

La principal dificultad didáctica del diseño estriba en el salto cualitativo y cuantitativo que supone para el alumnado de enseñanza preuniversitaria pasar del trabajo de laboratorio de Química (discontinuo, con pequeños recipientes fácilmente manipulables y magnitudes químicas tradicionales) al trabajo en planta piloto (con flujos continuos, instalaciones de tamaño medio de manipulación delicada y magnitudes características de la ingeniería). Este salto debe ser facilitado por el procedimiento didáctico de relacionar lo que el alumno ya sabe con lo que se le va a presentar como novedad. Para ello, el equipo de profesores que diseñaron la actividad debieron establecer previamente un paralelismo entre los procedimientos del laboratorio de Química y los de la Ingeniería Química; trabajo cuyo resultado se

muestra en el enlace: http://www.quimica.ull.es/Jornadas05/IQ/Tabla2.htm.

A partir de este punto de partida, fue necesario seleccionar un montaje experimental de nuestros laboratorios que permitiese a los alumnos preuniversitarios superar el obstáculo del "tamaño" que supone pasar del laboratorio de química a la planta piloto de ingeniería química sin quedar perplejos ante la novedad. El montaje que se seleccionara debería cumplir una serie de requisitos referentes a tamaño, manipulación, toma de datos y tratamiento de los mismos que se reflejan en la primera columna de la Tabla 1. Es una columna de relleno, dispositivo que permite realizar operaciones industriales de absorción de gases en líquidos, y que permite definir los siguientes objetivos específicos, que incluyen las condiciones que limitan el funcionamiento de la columna.

- Observar la forma de operación de una planta piloto.
- Determinar experimentalmente las condiciones de inundación de una columna de relleno.
- Determinar las características del relleno de la columna, tanto del lecho como de las partículas individuales.

Las características de la instalación que permiten su operación en las condiciones que se ajustan a los requisitos establecidos previamente para el montaje experimental se muestran en la segunda columna de la Tabla 1.

Tabla 1. *Requisitos y características de la instalación.*

| *Requisitos del montaje experimental* | *Características de la instalación seleccionada* |
|---|---|
| Tamaño "planta piloto" (modelo a escala de proceso industrial) | Su tamaño es relativamente grande (unos 3 m de elevación de toda la instalación). |
| Manipulable por manos inexpertas sin riesgos para las personas ni para la propia instalación. | Puede operarse con aire (suministrado por un compresor) y agua (de la red), siendo las llaves de regulación de los respectivos caudales de fácil manejo y sin riesgos. |
| Adecuado para obtener medidas claras y sencillas, ejecutando el proceso en un tiempo corto (unos 20 minutos). | - Mediante los rotámetros instalados pueden medirse los caudales correspondientes a una condición operativa claramente visible: la inundación de la columna.<br>- Las características del relleno de la columna pueden determinarse mediante medidas con agua en lechos independientes de la columna.<br>- Pueden realizarse fáciles medidas análogas para lechos de otro tipo de partículas, permitiendo la comparación posterior de propiedades. |

| | |
|---|---|
| Capacidad para permitir manejar conceptos susceptibles de ser sometidos a un análisis posterior más profundo y amplio. | Todos los datos experimentales obtenidos han de ser tratados matemáticamente para obtener los resultados, lo que puede realizarse con posterioridad. |
| Posibilidad de cálculo de los resultados finales y resolución de cuestiones, ejercicios o problemas relativos a los mismos después de la visita. | Se sugieren experiencias adicionales relacionadas con el proceso estudiado para realizar en el centro de procedencia de los alumnos. |

## 5. DISEÑO DE LA DOCUMENTACIÓN

La base del diseño de la documentación adecuada para el desarrollo de la actividad es el manual "Ingeniería Química: Experiencia en una planta piloto", cuya estructura didáctica es la siguiente:

- Introducción a la industria química y a la Ingeniería Química.
- Importancia del tamaño de las instalaciones (planta piloto).
- Descripción de la operación a realizar (absorción).
- Descripción de la columna de relleno a utilizar.
- Obtención de datos experimentales: condiciones de inundación y características del lecho.
- Cuestiones para la reflexión y el cálculo.
- Bibliografía.
- Apéndices.

Bajo el punto de vista de la aplicación de las TIC, el documento se ha conformado utilizando diferentes formatos:

- Formato papel, reproducido por fotocopia o impresión electrónica, en forma de cuaderno de doce páginas, que se le entrega a cada uno de los alumnos antes de comenzar la actividad presencial; en el propio cuaderno pueden ser anotados los datos experimentales y ser realizados posteriormente los cálculos. Con objeto de dar acceso público posterior a una copia de este documento, se ha transformado a formato electrónico PDF y se ha ubicado en la página web de la Facultad de Química para su descarga y posterior almacenamiento o reproducción.

- Formato presentación (de MS PowerPoint), elaborado por los instructores que trabajan directamente con los alumnos, para que puedan realizar una introducción a la actividad en la propia instalación con ayuda de un ordenador portátil y un proyector. Esta presentación (que no excede de diez minutos) está encaminada a plantear los conceptos imprescindibles para llevar a cabo la experiencia de forma coherente y es utilizada por los instructores en la actividad presencial.

- Formato *web*, con una estructura de navegación basada en índices e incorporando fotografías en color y otros elementos gráficos que complementan el texto, principalmente el apartado dedicado a los apéndices. Estos elementos no se han incorporado al formato en papel para ahorrar espacio y debido a su estructura

hipertextual, difícilmente aplicable fuera del entorno virtual. El documento web también contiene enlaces a la página de la Facultad de Química, en cuyo servidor se ubica: http://www.quimica.ull.es/Jornadas05/Jornadas05.htm

## 6. REALIZACIÓN PRESENCIAL

El grupo de seis alumnos visitantes era recibido por la pareja de instructores que, en primer lugar, llevaba a cabo alrededor de la propia instalación experimental una introducción a la actividad con ayuda de la presentación multimedia. Una vez definidos los objetivos del trabajo, los alumnos pasaban a regular las válvulas de aire y agua de la columna hasta lograr visualmente su inundación, tomando como datos experimentales las indicaciones de los correspondientes medidores de caudal (rotámetros).

Posteriormente trabajaban con unas probetas conteniendo los rellenos y otras conteniendo agua, midiendo el volumen ocupado por el relleno y el volumen de agua que se podía verter sobre aquél hasta cubrirlo totalmente. Estos datos les permitirían calcular más tarde la porosidad del lecho y, conocido el número de partículas contenido en él, el diámetro equivalente de éstas. Estas medidas eran anotadas para el relleno contenido en la columna y para otros dos rellenos, con fines comparativos.

Finalmente les era mostrada una colección de diferentes tipos de rellenos industriales.

## 7. CONCLUSIONES

La actividad "Acércate a la Química" ya se ha celebrado dos veces. El aspecto presencial ha sido muy favorablemente acogido en todos los ámbitos académicos implicados. Aún no ha sido posible valorar la incidencia que haya podido tener la difusión de la actividad en el entorno virtual pero, en cualquier caso, puede considerarse un primer paso muy importante para seguir abundando en favorecer el acceso a los sistemas basados en las TIC y el desarrollo del proceso educativo.

## 8. RECONOCIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a los instructores que aplicaron este diseño a la práctica del laboratorio, utilizando todos sus recursos didácticos (LQ: Licenciado en Química; IQ: Ingeniero Químico): D. Raimundo Javier Arvelo Rosales (LQ), D. José Feliciano Gutiérrez González (IQ), D. Antonio Hernández Domínguez (LQ), Dña. Natalia Otero Calviño (IQ), Dña. Nuria Regalado Rodríguez (IQ) y D. Javier Rodríguez Gómez (IQ), así como a D. Francisco Arocha Hernández y Dña. María Dolores del Castillo Rodríguez, personal laboral del Departamento.

## BIBLIOGRAFÍA

1. UNESCO; "Declaración mundial sobre la educación superior en el siglo XXI: Visión y acción", Conferencia Mundial sobre la Educación Superior, París, 5-9 octubre, 1998. http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration_spa.htm

2. Comisión Europea; "Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo: Plan de acción eLearning. Concebir la educación del futuro", COM (2001) 172 final, de 28/03, 2001.
http://www.europa.eu.int/eurlex/es/com/cnc/2001/com2001_0172es01.pdf
3. C.I.S.I.; "Acuerdo de 16 de enero de 2001 de la Comisión Interministerial de la Sociedad de la Información y de las Nuevas Tecnologías por el que se aprueba el Plan de Acción de la Iniciativa del Gobierno para el Desarrollo de la Sociedad de la Información Info XXI: «La Sociedad de la Información para Todos»", 2001.
http://www.infoxxi.es/strc_d.htm
4. Gobierno de Canarias; "Plan para el Desarrollo de la Sociedad de la Información en Canarias (PDSIC)", 2000. http://www.gobcan.es/dgcom/pdsic.pdf
5. Gobierno de Canarias; "Plan Canario de I+D+I (PIC) Volumen II: Objetivos y estructura", 2002.
http://www.educa.rcanaria.es/udg/uni/documentos/PICVolumenIIPRESENTACION.doc
6. Díaz, M.C., Jarabo, F., García, F.J. y Marrero, M.C.; "Nuevo material didáctico para prácticas de «Química Técnica»", XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, La Laguna, 11-13 septiembre, 2002.
http://fjarabo.quimica.ull.es/congreso
7. Jarabo, F.; "Introducción a la programación. Manual docente", ARTE Comunicación Visual, S.L., Santa Cruz de Tenerife, 2000.
http://fjarabo.quimica.ull.es/IAP/IAP.htm
8. Jarabo, F.; "Cinética química aplicada. Manual docente", ARTE Comunicación Visual, S.L., Santa Cruz de Tenerife, 2000.
http://fjarabo.quimica.ull.es/CQA/CQA.htm
9. Jarabo, F.; "Investigación en recursos didácticos: Las tecnologías de la información y las comunicaciones", XIX Encuentro de Jóvenes Investigadores, Salamanca, 2003.
http://fjarabo.quimica.ull.es/congreso
10. Jarabo, F. y García, F.J.; "Desarrollo de contenidos y material didáctico para Ingeniería Química en el ámbito de las TIC", XXIX Reunión Bienal de la R.S.E.Q., Madrid, 2003. http://fjarabo.quimica.ull.es/congreso
11. Jarabo, F. y F.J García; "Entorno «web» para el desarrollo de conceptos de Ingeniería Química", I Jornadas Canarias sobre las TIC en la Docencia Universitaria, La Laguna - Las Palmas de Gran Canaria, 2003.
http://fjarabo.quimica.ull.es/congreso
12. Jarabo, F., García, F.J., Díaz, M.C. y Marrero, M.C.; "Prácticas de laboratorio en Ingeniería Química", 2002.
http://fjarabo.quimica.ull.es/Practics/Practics.htm
13. Marrero, M.C., Jarabo, F., García, F.J. y Díaz, M.C.; "Aplicación de las TIC a prácticas de «Operaciones Básicas en Industrias Alimentarias»", XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, La Laguna, 11-13 septiembre, 2002.
http://fjarabo.quimica.ull.es/congreso

14. Marrero, M.C., Díaz, M.C., García, F.J. y Jarabo, F.; “Ingeniería Química: Manuales de laboratorio como recursos en red”, I Jornadas Canarias sobre las TIC en la Docencia Universitaria, La Laguna - Las Palmas de Gran Canaria, 2003. http://fjarabo.quimica.ull.es/congreso

15. Elortegui, N., Fernández, J. y Jarabo, F.; “Energías renovables. Experiencias prácticas”, Consejería de Educación (Gobierno de Canarias) / C.C.P.C., Santa Cruz de Tenerife, 1989. http://nti.educa.rcanaria.es/blas_cabrera/PER/Renovabl.htm

16. Jarabo, F., Elortegui, N., Santana, J. y Bosch, J.M.; “Ordenadores personales y redes globales”, Instituto de Investigaciones Científicas y Ecológicas, Salamanca, 1999. http://www.cje.org/inice/Pcinet/Pci_home.htm

# CONTENIDOS DE QUÍMICA EN LOS ESTUDIOS DE INGENIERO AGRÓNOMO

**_Soledad Esteban Santos_** [1], **_Javier Pérez Esteban_** [2]
[1] Departamento de Química Orgánica y Bio-Orgánica, Facultad de Ciencias
Universidad Nacional de Educación a Distancia, Senda del Rey, 9, 28040 Madrid
[2] Dpto. Edafología, ETSI Agrónomos, UPM, 28040 Madrid
sesteban@ccia.uned.es, jaboperez@terra.es

*Se discute el papel de la Química en la formación del ingeniero agrónomo. Para ello se realiza una revisión de las asignaturas que, dentro de esta titulación, soportan en mayor o menor grado contenidos de química. Se consideran así asignaturas propiamente de esta disciplina y otras que, teniendo un carácter multidisciplinar, conllevan importantes contenidos de Química. Se hace una análisis general de esos contenidos y de su relación con las actividades, objetivos y tareas fundamentales del ingeniero agrónomo, así como de su proyección sobre el desarrollo sostenible y la preservación del medio ambiente.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La Química está muy presente en nuestra vida. Por ejemplo, casi todos los productos que utilizamos y consumimos cotidianamente están de una manera u otra relacionados con la Química, y gran cantidad de fenómenos de nuestro medio ambiente, bien naturales o bien provocados por el hombre, están asimismo sumamente ligados a esta Ciencia. Por este motivo, muchos estudios universitarios de carácter científico o tecnológico implican contenidos de tipo químico, en mayor o menor grado. Tal es el caso de las clásicas licenciaturas de Ciencias, de las ingenierías en sus distintos niveles y tipologías o de determinados nuevos estudios (como son Ciencias Ambientales, Tecnología de Alimentos, etc.) con un marcado carácter transversal.

Centrándonos en las carreras de Ingeniería, tal vez sea la de Ingeniero Agrónomo –dejando aparte, obviamente, la de Ingeniero Químico- la que requiere un mayor conocimiento de tipo químico, tanto teórico como experimental. Por ello, el objetivo de esta comunicación es presentar y discutir los contenidos relacionados con la Química exigidos en los últimos Planes de Estudio de la carrera de Ingeniero Agrónomo.

## 2. ANTECEDENTES: BREVE HISTORIA DE LOS ESTUDIOS DE INGENIERO AGRÓNOMO EN ESPAÑA

Los estudios oficiales dedicados a la agricultura se imparten por primera vez en España en la Escuela Central de Agricultura (Aranjuez), creada en 1855 con el objetivo de formar Ingenieros Agrónomos, así como Peritos Agrícolas y Capataces Agrícolas. Poco después (1868) se traslada a Madrid, a las fincas de La Florida y La Moncloa (terrenos que se convertirían después, desde 1917, en el campus de la futura

Ciudad Universitaria), tomando el nombre de Escuela General de Agricultura y después el de Instituto Agrícola de Alfonso XII, que en 1931 pasa a ser el Instituto Nacional Agronómico. Tras la guerra civil, se le incorpora el Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas, creado en 1940. A través de diversas leyes y decretos se van configurando los estudios de las diferentes ingenierías y se integran en Escuelas Especiales de Ingenieros (1886), agrupadas muy posteriormente en el Instituto Politécnico Superior (1966), que con la Ley General de Educación (1970) se convierte en la Universidad Politécnica de Madrid.

Ante la demanda social se han ido creando más Escuelas de Agronomía, y actualmente en España se imparten estos estudios en diecisiete centros, quince de ellos públicos y dos privados. Esos Centros responden -con excepción de un caso- al tipo de Escuela Técnica Superior de Ingeniería y están integrados en Universidades, tres de ellas Politécnicas (Tabla 1).

Tabla 1. *Centros en los que se imparten estudios de Ingeniero Agrónomo.*

| UNIVERSIDAD | TIPO | CENTRO | LOCALIDAD |
|---|---|---|---|
| Almería | pública | Escuela Politécn. Superior | Almería |
| Castilla-La Mancha | pública | Escuela Técnica Superior | Albacete |
| Córdoba | pública | Escuela Técnica Superior | Córdoba |
| Extremadura | pública | Escuela Técnica Superior | Badajoz |
| La Laguna | pública | Escuela Técnica Superior | La Laguna |
| León | pública | Escuela Superior y Técnica | León |
| Lérida | pública | Escuela Técnica Superior | Lérida |
| Miguel Hernández de Elche | pública | Escuela Politécn. Superior | Orihuela |
| Politécnica de Cartagena | pública | Escuela Técnica Superior | Cartagena |
| Politécnica de Madrid | pública | Escuela Técnica Superior | Madrid |
| Politécnica de Valencia | pública | Escuela Técnica Superior | Valencia |
| Navarra | pública | Escuela Técnica Superior | Pamplona |
| Santiago de Compostela | pública | Escuela Politécn. Superior | Lugo |
| Valladolid | pública | Escuela Técnica Superior | Palencia |
| Zaragoza | pública | Escuela Politécn. Superior | Huesca |
| Católica de Ávila | privada | Facultad Ciencias y Artes | Ávila |
| Europea Miguel de Cervantes | privada | Escuela Politécn. Superior | Valladolid |

## 3. ¿POR QUÉ LA QUÍMICA EN LA FORMACIÓN DEL INGENIERO AGRÓNOMO?

Según la UNESCO, la profesión de *ingeniero* consiste esencialmente en “crear, modificar y valorar el entorno del hombre para satisfacer sus necesidades, tal como las concibe la sociedad de la época”. Y según la definición expuesta en el Diccionario de la Real Academia Española, los estudios de ingeniería comprenderían “el conjunto de conocimientos y técnicas que permiten aplicar el saber científico a la utilización de la materia y de las fuentes de energía”. De ahí que el ingeniero deba alcanzar una sólida

formación técnica que, unida a un saber científico, le permitan aplicar los descubrimientos de la Ciencia al perfeccionamiento de la Técnica, tal como también lo indica la Federación Europea de Asociaciones Nacionales de Ingenieros (*FEANI*). Por ello, sería mejor decir que el ingeniero habrá de recibir una formación en una técnica científica. Refiriéndonos al caso concreto de *ingeniero agrónomo*, esta formación le deberá proporcionar las bases teóricas y tecnológicas necesarias para que sea capaz de aplicar las técnicas de la ingeniería a los problemas de la agricultura. Esto supone que entre las tareas primordiales del ingeniero agrónomo se encuentren:

- La rentabilización de explotaciones agrícolas así como las ganaderas, lo cual implica a su vez la planificación de regadío, siembra y recolección, así como el diseño, fabricación e instalación de maquinarias agrarias y ganaderas.
- La aplicación de procedimientos para la industrialización de productos agrarios ganaderos y realización del control de calidad.
- Estudio de prevención de plagas y de enfermedades de plantas y animales.

En definitiva, el objetivo formativo primordial de esta titulación es que el ingeniero agrónomo sea capaz de llevar a cabo una de sus funciones esenciales: generar soluciones innovadoras en su tarea de diseñar y poner en práctica sistemas para un mejor aprovechamiento de los recursos naturales de tipo biológico.

Por otra parte, los *conocimientos de Química* constituyen una herramienta fundamental -aunque, evidentemente, no la única- para poder llevar adelante este objetivo. El ingeniero agrónomo habrá de poseer en esta materia un conocimiento teórico de principios, leyes y conceptos fundamentales, así como de otros más específicos, y también habrá de adquirir una destreza en determinados técnicas y procedimientos experimentales propios del laboratorio químico. El comprender la estructura de las moléculas de los seres vivios, es decir, de las biomoléculas, le permitirá justificar muchas de sus propiedades e interpretar las reacciones bioquímicas, lo cual da la clave a su vez para trabajar en diferentes áreas de esta profesión (como son, entre otras, la prevención de enfermedades de plantas y animales o determinadas técnicas de manipulación y conservación de alimentos). Los métodos químicos y químicofísicos permiten, por ejemplo, la determinación de ciertas características de los suelos y su validez o necesidades ante la posible mejora de cultivos. Por otra parte, la química proporciona también vías para el reciclaje de residuos o para su mejor eliminación, así como para minimizar los efectos de muchos procesos de contaminación.

## 4. LA QUÍMICA EN LOS PLANES DE ESTUDIO DE INGENIERO AGRÓNOMO

En este trabajo discutiremos los contenidos de Química de esta titulación, tomando el caso concreto de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid. El motivo de esta elección ha sido, sobre todo, el hecho de ser este Centro, en origen, el de mayor antigüedad en cuanto a la impartición en España de este tipo de estudios, como ya se ha comentado anteriormente. Por otra

parte, nos limitaremos a analizar los dos últimos Planes de Estudio, por considerar que son el resultado de la convergencia de dos perspectivas: por una parte, la marcada por la experiencia didáctica acumulada por el desarrollo de planes anteriores y, por otra, la de las tendencias más actualizadas en cuanto a contenidos a estudiar y a su tratamiento.

- Plan de Estudios de 1974

Este plan fue publicado en el Boletín Oficial del Estado el 30 de octubre de 1976 (Orden de 16 de septiembre de 1976), introduciéndose posteriormente una serie de modificaciones: Órdenes de 3 de febrero de 1982 y de 6 de septiembre de 1984 y Acuerdo de 25 de noviembre de 1986 (1). Se organiza así en seis cursos y éstos se distribuyen en dos ciclos: un primer ciclo de dos cursos comunes (1º y 2º) y un segundo ciclo de cuatro cursos (3º a 6º), organizados según cinco especialidades.

Las diferentes asignaturas de Química que presenta este Plan y sus características se señalan en las Tabla 2 y 3.

Tabla 2. *Asignaturas fundamentalmente de Química*.

| Asignatura | Curso | Especialidad | Nº horas/semana |
|---|---|---|---|
| Química | 1º | común | 6 (3 teor. + 3 práct) |
| Química Analítica | 2º | común | 6 (3 teor. + 3 práct) |
| Ampliación de Química y Bioquim. | 2º | común | 5 (3 teor. + 2 práct) |
| Química Agrícola | 3º | Fitotecnia | 7 (3 teor. + 4 práct) |
| | 3º | Industrias Agrarias | 7 (3 teor. + 4 práct) |
| | 4º | Zootecnia | 7 (3 teor. + 4 práct) |

Tabla 3. *Asignaturas de carácter multidisciplinar con contenidos de Química*.

| Asignatura | Curso | Especialidad | Nº horas/semana |
|---|---|---|---|
| Edafología y Climatología | 3º | Economía | 4 (2 teor. + 2 práct) |
| | 3º | Fitotecnia | 3 (2 teor. + 1 práct) |
| | 3º | Industrias Agrarias | 5 (3 teor. + 2 práct) |
| | 3º | Ingeniería Rural | 5 (3 teor. + 2 práct) |
| | 3º | Zootecnia | 3 (2 teor. + 1 práct) |
| Bioquímica y Bromatología | 4º | Industrias Agrarias | 7 (4 teor. + 3 práct) |

- Plan de Estudios de 1996

La organización de la enseñanza del título universitario oficial de Ingeniero Agrónomo conforme a los Nuevos Planes de Estudio se ha llevado a cabo bajo las directrices generales del Real Decreto 1451/1990 (2). Según estas directrices, se fijan unas materias troncales, cuyos contenidos habrán han de estar presentes en todos los centros donde se imparta esta titulación, determinando asimismo un número de

créditos mínimo para cada materia (la docencia de profesores y el tiempo requerido por parte alumnos para el estudio de cada asignatura se cuantifica en cierta manera mediante el *crédito* como unidad de medida, siendo un crédito equivalente a 10 horas lectivas). Partiendo de esas directrices generales cada centro hace una reelaboración y distribución de los contenidos troncales, repartiéndolos generalmente en diferentes asignaturas (troncales, por tanto) y ofertando además otras, según su propio criterio: obligatorias (con este carácter sólo en ese centro), optativas y de libre configuración. Pero siempre manteniendo las proporciones de créditos dictaminadas también en esas directrices generales y observando asimismo la relación de créditos teórico-prácticos. Éstas últimas se concretan así en el Plan de Estudios ofertado por cada centro donde se imparta la titulación correspondiente.

De esta manera, el Nuevo Plan de Estudios de la E.T.S.I. Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid, actualmente vigente, fue publicado en el B.O.E. el 18 de octubre de 1996 (Resolución de 1 de octubre de 1996) y corregido en la Resolución de 21 de julio de 1997 (3). La docencia se organiza en torno a cinco cursos (dividido cada uno en dos cuatrimestres), distribuidos en dos ciclos, con un total de 400 créditos. En el primer ciclo (157 créditos) se sitúan los cursos de 1º y 2º, y los tres cursos restantes en el segundo ciclo (243 créditos), en el que además de una serie de asignaturas troncales y obligatorias, se ofertan también otras asignaturas optativas vinculadas a diferentes orientaciones (en un total de nueve orientaciones) y las denominadas de libre elección. Cada asignatura contempla, además, una determinada cantidad de créditos asignados a la realización de prácticas (219,8 créditos de teoría y 180,2 de prácticas). Refiriéndonos a la Química, las directrices generales daban como materia troncal los siguientes contenidos:

*Fundamentos Químicos de la Ingeniería*: Química general y orgánica. Análisis instrumental. Bioquímica. Operaciones básicas de la Química del sector. 12 Créditos

En el Plan de Estudios de Ingeniero Agrónomo de la Universidad Politécnica de Madrid (4), los contenidos de Química se distribuyeron en una serie de asignaturas, cuya ubicación por cursos se describe en las Tablas 4 y 5.

Tabla 4. *Asignaturas fundamentalmente de Química*.

| Asignatura | Curso | Carácter | Créditos | Duración |
|---|---|---|---|---|
| Química | 1º | Troncal | 9 | Anual |
| Análisis Instrumental | 1º | Obligatoria | 3 | Cuatrimestral |
| Química Inorgánica | 1º | Optativa | 6 | Cuatrimestral |
| Bioquímica | 2º | Troncal | 6 | Cuatrimestral |
| Fundamentos Análisis Agrícola | 2º | Optativa | 6 | Cuatrimestral |

Tabla 5. *Asignaturas de carácter multidisciplinar con contenidos de Química.*

| Asignatura | Curso | Carácter | Orientación | Créditos | Duración |
|---|---|---|---|---|---|
| Edafología y Climatología | 1º | Troncal | Común | 7 | Anual |
| Contaminación Química en el Medio Agroforestal | 4º | Optativa | Medio Ambiente | 4,5 | Cuatrimestral |
| Química Biológ. Prod. Fitosanit. | 4º | Optativa | Protección de Plantas | 6 | Cuatrimestral |
| Química y Fertilidad de Suelos | 4º | Optativa | Ordenación del Territorio | 6 | Cuatrimestral |
| Componentes del Suelo | 3º | Optativa | Ordenación del Territorio | 3 | Cuatrimestral |
| Técnicas Transform. y Elaborac. Industr.Agraria y Aliment. I y II | 3º | Optativa | Industrias Agrarias y Alimentarias | 6 y 3 | Cuatrimestral |
| Ampliación de Bioquímica | 3º | Optativa | Protección y Mejora de Plantas | 6 | Cuatrimestral |
| Bases Bioquím. Alim. Animal | 3º | Optativa | Producción Animal | 4,5 | Cuatrimestral |
| Bioquímica y Nutrición | 3º | Optativa | Industrias Agrarias Alimentarias | 4,5 | Cuatrimestral |
| Fitotecnia | 3º | Troncal | Común | 9 | Cuatrimestral |
| Tratamiento de Residuos | 4º | Optativa | Medio Ambiente | 6 | Cuatrimestral |
| Análisis de Alimentos | 5º | Optativa | Industrias Agrarias Alimentarias | 4,5 | Cuatrimestral |
| Aguas residuales en la Industria Alimentaria | 2º ciclo | Libre elección | - | 4,5 | Cuatrimestral |

## 5. COMENTARIOS GENERALES SOBRE LAS ASIGNATURAS FUNDAMENTALMENTE DE QUÍMICA

- La asignatura de *Química* (troncal) está constituida por una serie de temas que contemplan los principios básicos de Química: el estudio de la naturaleza de la materia (constitución del átomo y teoría de enlaces), estados físicos de la materia y propiedades de disoluciones y coloides, bases de termoquímica, de cinética y de equilibrio químico en sus distintos tipos y una introducción a la Química de los compuestos orgánicos (revisión de las funciones orgánicas, con su estructura, propiedades y reactividad), incluyendo también polímeros naturales y sintéticos.

- En la asignatura de *Análisis Instrumental* (obligatoria) se estudian las bases teórico-prácticas de los más importantes métodos químicofísicos de análisis. Se incluyen así distintos tipos de espectroscopia, métodos electroanalíticos y métodos de separación, así como otras técnicas instrumentales de análisis, seleccionados en función sobre todo de su proyección en las tareas de la ingeniería agraria.

- La *Química Inorgánica* (optativa) atiende esencialmente a los recursos que la Naturaleza nos ofrece, clasificándolos según los tres estados de la materia. Se estudian determinados elementos y sus compuestos más importantes, en cuanto a sus propiedades y reacciones, justificándolas según los principios de estructura de la materia. Se tratan el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno, y con ello también la atmósfera, la hidrosfera y su contaminación, así como determinados metales y elementos como el azufre, fósforo, carbono o silicio por su uso y repercusión en la agricultura. Por último, algunos temas se dedican ya directamente a productos químicos agrícolas y alimenticios.

- La *Bioquímica* (troncal) es una de las materias fundamentales para el ingeniero agrónomo. Esta Química de los organismos vivos tiene una gran componente química pero, a la vez, una marcada diferenciación con ésta. Por ello, para conocer los principios generales de la bioquímica estructural, es decir, la clasificación y las características generales de las principales biomoléculas, es necesario conocer la teoría de enlaces y la química orgánica, mientras que el estudio del metabolismo se debe afrontar principalmente conociendo los principios de catálisis y los procesos redox.

- En los *Fundamentos de Análisis Agrícola* (optativa) se complementan las técnicas analíticas mediante distintos métodos ya no de tipo instrumental. Se estudia el análisis cualitativo (por reacciones analíticas) y también el cuantitativo (esencialmente el realizado mediante distintos tipos de volumetrías). Se incluyen también diversos casos de análisis aplicado a la agricultura, como son los análisis de aguas, suelos, plantas o fertilizantes.

## 6. COMENTARIOS GENERALES SOBRE LOS CONTENIDOS DE QUÍMICA EN ASIGNATURAS DE CARÁCTER MULTIDISCIPLINAR

- En la asignatura *Edafología y Climatología* (troncal) se imparten, entre otros, contenidos básicos de Química de suelos, enfocándose principalmente hacia la distinción de las distintas fracciones que los constituyen, la interpretación de sus propiedades químicas, el conocimiento de las reacciones que tienen lugar entre sus componentes y de cómo influyen éstas en su fertilidad y en su posible contaminación por otros factores externos. También se estudia la composición química de la atmósfera a la hora de entender mejor los fenómenos meteorológicos.

- En *Contaminación Química en el Medio Agroforestal* (optativa) se da explicación al comportamiento químico de ciertas sustancias contaminantes al ser liberadas en el medio natural, tanto por acción de la naturaleza como de la actividad humana, y a las repercusiones que ello tiene en los seres vivos y en la agricultura. Para ello se estudian la composición y características del medio (atmósfera, agua y suelo) y

las transformaciones a las que se ve sometido por la contaminación, así como el origen de estos contaminantes y los diversos tipos de tratamientos encaminados a su prevención y eliminación.

- La asignatura *Química Biológica de los Productos Fitosanitarios* (optativa) hace referencia a la clasificación, composición química y aplicación de los productos fitosanitarios (insecticidas, fungicidas y herbicidas), así como a sus efectos en las patologías de los cultivos. Centrándonos en el campo de la química, se estudian las sustancias que los componen, sus propiedades físicas y químicas y cómo basándose en esta composición se clasifican dichos productos.

- En *Química y Fertilidad de Suelos* (optativa) se amplían los conocimientos relacionados con el comportamiento químico de los suelos estudiados en *Edafología y Climatología*. La asignatura explica los equilibrios químicos que tienen lugar entre las sustancias que se encuentran en las partículas del suelo, el agua y el aire, cómo afecta esto a la disponibilidad de nutrientes y contaminantes, y por consiguiente a su fertilidad o a su posible contaminación.

- La asignatura *Componentes del Suelo* (optativa) se centra en el estudio de la composición química de las distintas fracciones que forman el suelo: sólida (orgánica o mineral), líquida (solución del suelo) o gaseosa (aire del suelo), y en las interrelaciones que ocurren entre todas ellas.

- En *Técnicas de Transformación y Elaboración en la Industria Agraria y Alimentaria I* y *II* (optativas) se enseñan los diversos procesos, tanto físicos como químicos, que se llevan a cabo en este tipo de industrias para transformar los alimentos. Entre ellas se incluyen algunas operaciones básicas como la evaporación, destilación, extracción, cristalización, decantación, etc.

- Las asignaturas *Ampliación de Bioquímica*, *Bases Bioquímicas de la Alimentación Animal* y *Bioquímica y Nutrición* (optativas) amplían los contenidos de la asignatura troncal de *Bioquímica*, prestando especial atención a los aspectos más importantes relativos a la fisiología vegetal, la alimentación animal y la nutrición humana, respectivamente.

- En *Fitotecnia* (troncal) se trata, entre otros, el tema de la fertilización, mediante la cual se suministran a las plantas los nutrientes necesarios que no ha podido aportar el suelo. También se estudia la importancia para los cultivos de ciertas características de manejo y propiedades de los suelos como pueden ser su acidez, salinidad, sodicidad, cantidad y calidad de la materia orgánica y agua de riego empleada, así como las técnicas orientadas a detectar y corregir posibles problemas asociados.

- En *Tratamiento de Residuos* (optativa) se estudian diferentes técnicas empleadas en la eliminación y reciclaje de los residuos y la utilización de éstos en la agricultura. Entre dichas técnicas de eliminación se revisan algunos tipos de tratamientos químicos y también se analiza el valor que como fertilizantes o como mejoradores de suelo tienen los residuos al ser aplicados al campo. Asimismo se describe la metodología analítica utilizada en el estudio de estos productos.

- La asignatura *Análisis de Alimentos* (optativa) describe diferentes métodos analíticos utilizados en el control de calidad de los alimentos, entre los que se encuentran los de carácter físico-químico, orientados a analizar la composición de estos productos.

- *Aguas Residuales en la Industria Alimentaria* (libre elección) trata de la caracterización de estas aguas y de sus sistemas de tratamiento físico, químico y biológico.

**7. CONCLUSIONES**

Dentro de la preparación integral del ingeniero agrónomo es imprescindible la participación de una sólida formación en ciencias básicas, entre las que obviamente se encuentra la química. La utilización de recursos naturales de origen vegetal y animal con un mejor aprovechamiento de los mismos implicará la transformación más adecuada de esos recursos, en el sentido de conseguir una mayor productividad, que redunde en una rentabilidad más alta desde el punto de vista económico. Pero, además, la meta final es que la mejora del bienestar de los de los seres humanos tenga carácter global, con lo que ese progreso económico deberá ir acompañado de un progreso también en la calidad de vida.

Es indudable que la utilización y transformación de los recursos naturales es una tarea cuyo cumplimiento altera en mayor o menor medida el medioambiente, en cuanto a que se produce la disminución consiguiente de esos recursos, ciertos tipos de contaminación y la acumulación de residuos. Es decir, que esa "transformación más adecuada" de los recursos habrá de contemplar los problemas que puedan surgir de una explotación irracional de los mismos y de una industrialización poco cuidadosa con el entorno. En consecuencia, el ingeniero agrónomo deberá tener una actitud de clara defensa del medio ambiente y de respeto por los recursos naturales. Por esto, otro de sus cometidos será tomar conciencia de esos problemas, preverlos para evitar que se produzcan en la medida de lo posible y buscar soluciones para paliar sus efectos una vez que hayan surgido. Con lo cual, contribuirá a mantener las reglas de protección de la naturaleza y del desarrollo sostenible. Y la Química juega un importante papel en todo ello.

**REFERENCIAS**

1. Ministerio de Educación y Ciencia: Orden de 16 de septiembre de 1976 (B.O.E. 30/10/1976); Orden de 3 de febrero de 1982) (B.O.E. 07/05/1982); Orden de 6 de septiembre de 1984 (B.O.E. 12/12/1984); Acuerdo 25 de noviembre de 1986 (B.O.E. 27/01/1987).
2. Ministerio de Educación y Ciencia: Real Decreto 1451/1990 de 26 de octubre (B.O.E. 20/11/1990)
3. Universidad Politécnica de Madrid: Resolución de 1 de octubre de 1996 (B.O.E. 18/10/1996); Resolución de 21 de julio de 1997 (B.O.E. 06/08/1997).
4. Pag web E.T.S.I.Agrónomos: http://www.etsia.upm.es/

# QUÍMICA PARA INGENIEROS ¿HACIA EUROPA?

***Mª, Cristina Rivero Núñez* [1]*, Mª, José Melcón de Giles* [1]*,***
***Francisco Fernández Martínez* [2]**
[1] E.T.S.I. de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid
Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid.
[2] E.U.T.I. Industrial, Universidad Politécnica de Madrid
crivero@etsit.upm.es

*El reto de la Convergencia Europea lleva a plantearse la docencia en la Universidad de una manera diferente. Más aún en el caso de algunas ingenierías en las que los alumnos consideran que la Química es algo tangencial a su formación. Tratando de resolver estos problemas y, al mismo tiempo, de optimizar los recursos de la Universidad, se plantea una metodología diferente en una asignatura de contenidos químicos y físicos que ha resultado altamente satisfactoria tanto para profesores como para alumnos.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la Química en algunas ingenierías se hace verdaderamente difícil, pues por una parte los alumnos no traen una buena predisposición, y por otra los planes de estudio han apartado estas materias de la troncalidad, por lo que podríamos decir que el comienzo es en un medio hostil.

Como por otra parte, estamos convencidos de que la Química, junto con la Física y las Matemáticas, forman la base de las Ciencias que contribuyen al avance científico y tecnológico de nuestra sociedad, nos vemos en la necesidad de intentar acercarnos a nuestros alumnos (1).

En el momento actual estamos en una época de cambios. En la declaración de Bolonia, firmada en 1999 por 29 estados de la U.E. y ratificado, en sus contenidos principales, en la última reunión de Bergen de este año por 45 Estados, hay un compromiso de coordinación de políticas educativas, para conseguir antes de 2010 la creación del Espacio Europeo de Educación Superior (2).

Entre los objetivos que se señalan en la Declaración de Bolonia están el establecimiento de un sistema de créditos europeo, como los ECTS, , la utilización de un sistema de calificaciones que permita una comparación entre las utilizadas en los diferentes países y la implantación del suplemento europeo al título, que facilitará una lectura inmediata del expediente del alumno.

Con todo lo anterior decidimos utilizar nuevas metodologías, tanto de enseñanza como de evaluación, tratando de interesar a nuestros alumnos en la Física y la Química, buscando nuevas motivaciones y que el aprendizaje sea más eficaz.

## 2. PLANTEAMIENTO

La búsqueda de nuevas formas de plantear la docencia en una situación real que es nuestro entorno, la Universidad Politécnica de Madrid, y el lugar en que trabajamos (la E.T.S.I. de Telecomunicación) requiere comenzar con el análisis de ciertos datos objetivos:

- Una gran parte de los alumnos considera que la carga docente teórica es alta, con pocas prácticas y salen de la Escuela sin mucha habilidad manual y sin haber manipulado "grandes aparatos".
- Las empresas nos hablan de la alta formación de nuestros titulados, pero de la gran dificultad que tienen para trabajar en equipo.
- En nuestra Escuela hay un amplio sector de investigadores que tienen que utilizar varios tipos de materiales en sus estudios.

Todo lo anterior nos lleva a pensar en una asignatura nueva, de libre elección que permite mucha libertad a la hora de diseñarla, con pocos alumnos inicialmente para que sirviese de ensayo, y, evidentemente una asignatura práctica, o al menos con un mínimo de teoría, en la que se potenciase el trabajo en equipo.

Sabemos que un laboratorio tiene que tener un desembolso inicial muy fuerte, y lo que pretendíamos hacer era inviable si nos circunscribíamos a nuestra Escuela, pero ya que la parte práctica de nuestra investigación, al menos en parte, la estamos efectuando en otro Centro de nuestra Universidad, la E.U.I.T. Industrial, que sí está dotada de los instrumentos y tecnología que estábamos necesitando y sabiendo que un objetivo interesante es optimizar recursos, decidimos pedir su colaboración.

El Departamento de Química Industrial y Polímeros de la E.U.I.T. Industrial nos dio todo tipo de facilidades, al igual que la Dirección de la Escuela, y así pudimos ofertar un laboratorio donde el alumno pudiese trabajar en el análisis de distintos materiales empleando instrumentación no disponible en la E.T.S.I. de Telecomunicación.

Con todo, otro de los grandes objetivos era tratar de avanzar hacia la Convergencia Europea y, por tanto, que la asignatura se pudiese enmarcar en el nuevo Espacio Europeo, por lo que nuestras preocupaciones fueron el estilo de aprendizaje, el tiempo que tuviera que dedicar el alumno a la asignatura y la metodología de evaluación, que en ningún caso queríamos que fuese el tradicional examen final.

## 3. METODOLOGÍA

Todas las ideas anteriores había que enmarcarlas en unos principios metodológicos, definidos (3) de la siguiente manera:

- Modelo educativo centrado en el aprendizaje.
- Modelo educativo con aprendizaje autónomo.
- Modelo educativo tutorizado por los profesores.
- Modelo que enfoca el proceso aprendizaje-enseñanza como trabajo cooperativo entre profesor y alumnos.

• Modelo educativo que utiliza la evaluación estratégicamente y de modo integrado con las actividades de aprendizaje y enseñanza.

• Modelo educativo donde adquieren importancia el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC), así como otras lenguas extranjeras.

## 4. OBJETIVOS

Los objetivos generales establecidos para esta asignatura son los siguientes (4):

**Objetivos cognitivos:**

- Conocer la existencia de los métodos de análisis instrumental.
- Conocer los fundamentos teóricos de los métodos de análisis instrumental que se van a emplear (rayos X, ultravioleta - visible e infrarrojo).
- Entrar en contacto con los laboratorios de análisis.
- Conocer los mínimos de seguridad e higiene en un laboratorio.
- Aprender a utilizar diferentes espectrógrafos.
- Aplicar diferentes métodos de análisis.
- Comparar técnicas analíticas.
- Conocer las ventajas e inconvenientes de cada una y, por tanto, aplicar la más adecuada en diferentes casos.
- Aplicar los conocimientos adquiridos para la búsqueda de nuevas aplicaciones.
- Conectar la teoría y un laboratorio de alumnos con el mundo real empresarial.

**Objetivos competenciales:**

- Mejorar la capacidad de análisis mediante la aplicación de los conocimientos adquiridos a otros tipos de ensayos.
- Potenciar la capacidad de aplicar conocimientos a la práctica.
- Aumentar la capacidad para adaptarse a nuevas situaciones trabajando en otra Escuela y en otro entorno.
- Practicar técnicas de trabajo en equipo mediante la realización prácticas y de memorias conjuntas.
- Mejorar la capacidad para organizar y planificar el trabajo.
- Practicar la exposición pública de trabajos.
- Realizar búsqueda bibliográfica y científica en general.
- Fortalecer el conocimiento escrito de idioma inglés.
- Utilizar medios informáticos (*hardware* y *software*).

## 5. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Como suele ser común en los laboratorios, la asistencia es obligatoria, las prácticas se realizan en grupo y, participando activamente en clase, se alcanza el aprobado; con esto se pretende eliminar la presión de la nota y del examen.

El resto de actividades son voluntarias, y la evaluación final es aditiva. Dichas actividades se reparten como se indica a continuación:

• Participación activa tanto en las clases teóricas como en los laboratorios, en la visita a una empresa y en las sesiones de exposición de los proyectos (es el requisito indispensable para aprobar la asignatura).
• Elaboración de la memoria de las prácticas realizadas.
• Elaboración y exposición de un proyecto de investigación.
• Realización de un breve resumen de la visita a empresas.

Cada una de estas actividades se califica como sigue:

• Participación en clases y laboratorios: 5 puntos .
• Memoria de prácticas: hasta 2 puntos.
• Realización del Proyecto de investigación y exposición: hasta 2,5 puntos.
• Resumen de la visita: 0,5 puntos.

**6. CARGA DOCENTE**

La equivalencia en ECTS, para una asignatura de 4 créditos, representa una carga que debe estar entre 75 y 90 horas de trabajo del alumno (2). La tabla siguiente recoge la distribución de tiempos previsible en las diferentes actividades.

Tabla 1. *Tiempo dedicado por el alumno a actividades en las que el profesor tiene la parte más activa*

| | ***Descripción de la actividad*** | ***Tarea del profesor*** | ***Tiempo dedicado por el alumno (I)*** |
|---|---|---|---|
| ***Teoría*** | Clase Magistral | Explicar conceptos y métodos | 10 h. |
| ***Laboratorio*** | Práctica de laboratorio | Explicar la forma de operar en las diversas técnicas | 20 h. |
| ***Proyectos dirigidos*** | Trabajo individual del alumno | Orientar el desarrollo del proyecto | 12 h. |
| ***Otras actividades*** | **A**. Defensa del proyecto<br><br>**B**. Visitas a empresas | **A**. Orientar y corregir la presentación<br><br>**B**. Poner de manifiesto la conexión entre las tareas del laboratorio y las que se llevan a cabo en la empresa | **A:** 5 h.<br><br>**B**: 4 h. |
| ***Tiempo total dedicado*** | | | **51 h.** |

Tabla 2. *Tiempo dedicado por el alumno en trabajo independiente del profesor.*

| | ***Trabajo independiente del alumno*** | ***Tiempo dedicado por el alumno(II)*** | ***Método de Evaluación*** |
|---|---|---|---|
| ***De clases teóricas*** | Conocer y comprender conceptos y métodos | 5 h. | Asistencia a las clases |
| ***Del laboratorio*** | Elaborar una memoria (por parejas) | 12 h. | Realización de las prácticas y calidad de la memoria |
| ***En Proyectos dirigidos*** | Desarrollar un proyecto, incluyendo un resumen | 10 h. | Calidad del proyecto |
| ***Otras actividades*** | **A**. Preparar la exposición del proyecto<br><br>**B**. Asistir a la visita y elaborar un breve resumen | **A**: 5 h.<br><br>**B** 0,5 h. | **A**. Exposición<br><br>**B**. Asistencia y calidad del resumen |
| ***Tiempo total dedicado*** | | **32,5 h** | |

El tiempo total dedicado por el alumno a esta asignatura será (I) + (II) = 83,5 horas. Hay que destacar que no se ha hecho cómputo de las horas dedicadas a la evaluación ya que no hay examen.

## 7. CONCLUSIONES

La enseñanza de Química y Física, así como la de otras materias debe orientarse al Espacio Europeo de Enseñanza Superior. Como alternativa a los métodos tradicionales se propone dar mayor participación al alumno, limitando las horas de clases teóricas, aumentando las prácticas y desarrollándose así también su capacidad de autoaprendizaje; esto lleva a un cambio en la forma de evaluación, evitando exámenes e incentivándose el trabajo día a día.

Es importante también desarrollar otras capacidades por lo que se proponen otros tipos de actividades dirigidas a complementar su formación en competencias como la capacidad para trabajar en equipo, para expresarse en público o para adaptarse a otros entornos, mediante la realización de prácticas conjuntas, exposición de trabajos, realizando las prácticas en otro Centro (lo que contribuye también a optimizar los

recursos de la Universidad) o contactando con el mundo laboral. Todo ello redundará en una formación más completa del alumno haciendo también más atractivas materias en las que, por lo menos en algunos casos, puede haber un cierto desinterés.

**BIBLIOGRAFÍA**

1. M.C. Rivero Nuñez, M.J. Melcón de Giles, *El porqué de la Química en la enseñanza de las Ingenierías*, pp 401-408, en *Didáctica de la Química y Vida cotidiana*, Sección Publicaciones ETSI Industriales de la U.P.M., Madrid (2003**)**.
2. Programa de Convergencia europea, El crédito europeo, Agencia Nacional de evaluación de la Calidad y Acreditación, (2005**).**
3. A. Fernández March, *Nuevas Metodologías docentes*, en *Talleres de Formación del profesorado para la Convergencia Europea impartidos en la U.P.M.*, (2005).
4. B. Bloom, *Taxonomía de los Objetivos de la Educación. La Clasificación de las Metas Educacionales*, Ed. El Ateneo, Buenos Aires (2000).

# ÍNDICE DE AUTORES